

N° d'ordre :

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

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE CHIMIE



DOMAINE : SCIENCES DE LA MATIERE
FILIERE : CHIMIE

MEMOIRE DE MASTER

SPECIALITE : CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

THEME

Elaboration et caractérisation d'un nouveau matériau composite à base de PVC et farine de bois rouge et chêne zeen.

Présenté par : **OUSSAD MOALI** **Ali Hiba**

Soutenu publiquement, le 09 / 10 / 2017, devant le Jury composé de :

Mr KADOUCHE	Slimane	Maitre de conférences classe A	PRESIDENT
M^{me} LOUNI	Dalila	Maitre assistante classe A	ENCADREUR
M^{me} BRINIS	Naima	Maitre assistante classe A	Co-ENCADREUR
Mr RAHMOUNE	M^{ed} Ameziane	Maitre de conférences classe B	EXAMINATEUR
Mr BOUDJEMA	Salem	Maitre assistante classe A	EXAMINATEUR

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné le savoir et la faculté de pouvoir poursuivre nos études afin de choisir un métier d'avenir noble.

Ce travail n'aurait pas vu le jour sans la vraie présence et la générosité de notre Promotrice, M^{me} LOUNI Dalila maître assistante (A) à la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques à l'UMMTO, que nous voulons particulièrement remercier pour son soutien.

Nous remercions également notre Co-promoteur M^{me} BRINIS N, maître assistante (A) à la faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques à l'UMMTO.

Nous tenons à remercier le personnel de laboratoire de l'unité de production des câbleries électriques d'Alger(CABEL) et plus particulièrement monsieur BELHOUCINE R.

Nous tenons aussi à remercier le personnel de la société de production des fils et câbles de télécommunications (CATEL).

Merci également à :

-Mr. KADOUCHE A. de nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider le jury.

- Mr. RAHMOUNE M. d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer ce travail.

-Mr. BOUDJEMA S. d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous tenons également à adresser nos plus vifs remerciements à :

-Le personnel du laboratoire de chimie de Tamda, faculté des sciences biologiques et des sciences agronomiques.

-Le personnel du laboratoire de faculté des sciences géologique.

-Les enseignants qui nous ont formés durant tout notre cursus.

-Le personnel de la bibliothèque de chimie pour leur patience et leur compréhension.

-Le personnel de l'administration de département chimie.

A tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail ...

A mes très chers parents

Affables, honorables, aimables : vous représentez pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi ;

Votre prière et votre bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études ;

Vous avez tout fait pour que vos enfants suivent le bon chemin dans leurs vie et leurs études ;

Je vous dédie ce travail en témoignage de votre profond amour ;

Mais Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte ;

Ce travail est le fruit de vos sacrifices ;

Puisse Dieu, le tout puissant, vous préserver et vous accorder santé, longue vie et bonheur.

A mon cher frère Djamel et mes chères sœurs Dahbia et Fetta pour leurs encouragement et leur soutien le long de ma formation.

A ma chère amie et binôme Hiba, pour son soutien et ça collaboration à la réalisation de ce travail.

Ce travail est le fruit de notre promotrice madame LOUNI, que je remercié particulièrement pour son soutien, présence et générosité.

A mes chers amies et camarades Hamida et Nadia, pour leurs aide, conseils, soutien et encouragement à la réalisation de ce travail.

A tous les nombres de ma famille, petits et grands.

A mes chers amis(es) et camarades.

A tout ceux que j'aime et m'aiment.

Ali.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire....

A mes très chers parents ma mère et mon père pour leurs patience, leurs amour, leurs soutiens et leurs encouragement qui compte beaucoup à mes yeux que dieu vous protège et vous garde pour moi nchallah.

A mes frères et sœurs

A mon très cher ami et binôme ALI pour son soutiens de la réalisation de ce travail.

Je remercie ZAHO ma cousine qui a tout pris en charge de la préparation et la décoration des gâteaux. Et mon très cher ami ACHOUR pour son soutien

Ce travail est le fruit de notre promotrice madame LOUNI, que je remercié particulièrement pour son soutien, présence et générosité.

Sans oublier tout les professeurs que se soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.

Hiba.

Liste des abréviations

PVC	: Poly Chlorure de Vinyle
CZ	: Chêne Zeen
BR	: Bois Rouge
µm	: Micromètre
%	: Pourcent
Ca	: Calcium
Mg	: Magnesium
Na	: Sodium
Pt	: Platine
Fe	: Fer
Si	: Silicium
P	: Phosphore
S	: Sulfure
Cl	: Chlore
PP	: Polypropylène
PE	: Polyéthylène
PF	: Phénol Formaldéhyde
VCM	: monomère chlorure de vinyle
Uv	: Ultra violet
CaO	: Oxyde de calcium
K₂O	: Oxyde de potassium
Na₂O	: Oxyde de sodium
SiO₂	: Oxyde de silicium
Fe₂O₃	: Oxyde de fer
P₂O₅	: Oxyde de phosphore
SO₃	: Oxyde de sulfure
MPa	: Méga pascal
GPa	: Giga pascal
Kg /m³	: Kilogramme par mètre cube
J/m	: Joule par mètre
Tf	: Température de fusion
Tg	: Température de transition vitreuse
°C	: Degrée Celsius

Liste des abréviations

WPC	: Wood Plastic Composite
NaCl	: Chlorure de sodium
mm	: Millimètre
g/l	: Gramme par litre
T	: Température
nm	: Nanomètre
ATG	: Analyse Thermogravimétrique
IRTF	: Infrarouge à Transformée de Fourier
DOP	: Dioctyle phtalate
p.c.r	: Pourcentage par centaine de résine
tr/min	: Tour par minute
KN	: Kilo Newton
NaOH	: Hydroxyde de sodium
DTG	: Diagnostic Technique Global
RMN	: Résonance Magnétique Nucléaire
MEB	: Microscopie Electronique à Balayage
ATG	: Analyse Thermogravimétrique
IRTF	: Infra Rouge à Transformer de Fourier

Liste des figures

Figure I-01 :	Arbre de bois rouge (pin finlandais).....	03
Figure I-02 :	Arbre de chêne zeen.....	04
Figure I-03 :	Coupe transversale d'un tronc d'arbre	04
Figure I-04 :	Plans de référence du bois.....	05
Figure I-05 :	Représentation schématique des différentes couches de la paroi cellulaire..	06
Figure I-06 :	Schéma de composition chimique simplifiée du bois, selon que les essences sont feuillues tempérées (1ère ligne), résineuses (2ème ligne) ou feuillues tropicales (3ème ligne).....	07
Figure I-07 :	Structure de la molécule de cellulose	08
Figure I-08 :	Ponts hydrogènes intramoléculaires et intermoléculaires entre deux macromolécules adjacentes de cellulose.....	08
Figure I-09 :	Structure chimique partielle de deux hémicelluloses : (A) O-acétyl-4-O-méthylglucuronoxylane de feuillus et (B) Arabino-4-O-méthylglucuronoxylane de résineux.....	09
Figure I-10 :	Précurseurs de la biosynthèse de la lignine.....	09
Figure I-11 :	(a) Le réseau de pectine, (b) L'interaction de calcium avec la pectine.....	10
Figure I-12 :	Schéma de fabrication du composant de base : la résine PVC ou «compound».....	12
Figure I-13 :	Schéma. Modèle d'adhésion inter-fibres dans le cas des liaisons hydrogène en phase humide et sèche	16
Figure II-14 :	Creuset avec les cendres (original 2017)	19
Figure II-15 :	Les solutions sont au cours d'agitation à l'aide des agitateurs (original 2017).....	20
Figure II-16 :	Echantillons dans le bain-marie (original 2017).....	21
Figure II-17 :	Spectrophotomètre HELIOS EPSILON (original 2017).....	21
Figure II-18 :	Solution filles d'acide gallique (original 2017).....	22
Figure II-19 :	Exemple du broyeur utilisé (original 2017).....	23
Figure II-20 :	Tamis utilisé de marque RETSCH AS 200 (original 2017).....	24
Figure II-21 :	Formule chimique du DOP.....	24
Figure II-22 :	Images du mélange avant et après l'ajout de la fibre (original 2017).....	26
Figure II-23 :	Mélangeur à deux cylindres de marque LESCUYER (original 2017).....	27
Figure II-24 :	Presse de marque FONTJNE (original 2017).....	27
Figure II-25 :	Images des plaques avant et après passage à la presse (original 2017).....	28

Liste des figures

Figure II-26 :	Appareil mécanique des éprouvettes de type H (original 2017).....	28
Figure II-27 :	Echantillon immergé dans l'eau distillée (original 2017).....	29
Figure II-28 :	Machine d'essai de traction de marque ZWICK de type BTC-FR 2.5TN.D09 (original 2017).....	30
Figure II-29 :	Eprouvettes avant et après test d'attraction (original 2017).....	30
Figure III-30 :	Courbe d'étalonnage de l'acide gallique à 0,5 g/l.....	32
Figure III-31 :	Histogramme de taux de phénol totaux.....	32
Figure III-32 :	Analyse Thermogravimétrique du bois rouge.....	33
Figure III-33 :	Analyse Thermogravimétrique du chêne zeen.....	33
Figure III-34 :	Spectre IR de la fibre vierge de chêne zeen.....	34
Figure III-35 :	Spectre IR de la fibre vierge de bois rouge.....	35
Figure III-36 :	Histogramme de taux d'absorption en fonction de taux de farine.....	36
Figure III-37 :	Histogramme des contraintes à la rupture des différents composites PVC/farine.....	37
Figure III-38 :	Histogramme des allongements à la rupture des différents composites PVC/farine.....	37
Figure III-39 :	Histogramme du module de Young des différents composites PVC/farine.	38

Liste des tableaux

Tableau I-01 :	Propriétés du PVC.....	13
Tableau I-02 :	Résumé des avantages et inconvénients des fibres et charges végétales.....	16
Tableau II-03 :	Stabilisants thermiques et lubrifiants	25
Tableau III-04:	Résultats de taux d'humidité.....	31
Tableau III-05:	Résultat de calcul de taux de cendres	31

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 01

Chapitre I : Etude bibliographique

Partie I : Généralités sur le bois

I.1. Généralités sur le bois..... 03

 I.1.1. Structure du bois..... 04

 I.1.1.1. Structure macroscopique du bois..... 04

 I.1.1.2. Microstructure du bois..... 05

 I.1.1.2.1 Plans de référence du bois..... 05

 I.1.1.3. Ultra structure du bois..... 05

 I.1.1.3.1. Présentation de la fibre végétale..... 05

 I.1.1.3.2. Structure de la fibre végétale..... 06

 ➤ La couche intercellulaire..... 06

 ➤ La paroi primaire..... 06

 ➤ La paroi secondaire..... 06

 I.1.1.4. Composition chimique du bois..... 07

 ➤ La cellulose..... 07

 ➤ Hémicellulose..... 08

 ➤ La lignine..... 09

 ➤ Les extractibles..... 10

 ➤ Les cendres..... 10

 ➤ Pictine..... 10

Partie II : Généralités sur le polymère

I.2. Polymères synthétiques..... 11

 I.2.1. Thermoplastiques..... 11

Sommaire

I.2.2. Thermodurcissables.....	11
I.2.3. Généralités sur le PVC.....	11
I.2.3.1. Définition.....	11
I.2.3.2. Application du PVC.....	12
I.2.3.3. Propriétés du PVC.....	13
Partie III : Matériaux composites	
I.3. Matériau composite.....	14
I.3.1. Principaux composites.....	14
➤ Les composites naturels.....	14
➤ Les composites artificiels.....	14
I.3.2. Facteurs influant sur les propriétés des matériaux composites.....	14
I.3.2.1. Dispersion de la fibre.....	15
I.3.2.2. Orientation de la fibre.....	15
I.3.2.3. Influence de la nature et la quantité des constituants.....	15
I.3.2.4. Effet de l'humidité.....	15
I.3.3. Adhésion fibre/matrice.....	16
I.3.4. Avantages et inconvénients de l'utilisation de la fibre dans le matériau composite.....	16
I.3.5. Domaine d'utilisation des composites bois-polymère.....	17

Chapitre II : Matériel et Méthode

II. Objectif.....	18
II.1. Partie 1 (fibre vierge).....	18
II.1.1. Taux d'humidité.....	18
II.1.2. Taux de cendre.....	18
II.1.3. Caractérisation chimique du matériel végétal (bois).....	19
II.1.3.1. Détermination du taux de phénols totaux à partir d'acide gallique (C=0,5 g/l).....	19
II.1.4. Analyse Thermogravimétrique (ATG).....	22
II.1.5. Analyse par spectroscopie Infra Rouge à Transformée de Fourier (IRTF).....	23
II.2. Partie 2 (la mise en œuvre des matériaux).....	23
II.2.1. Préparation des farines.....	23

Sommaire

II.2.1.1. La récolte du bois.....	23
II.2.1.2. Broyage.....	23
II.2.1.3. Tamisage.....	23
II.2.2. Elaboration des composites fibre/PVC.....	24
II.2.2.1. La résine de PVC.....	24
II.2.2.2. Le plastifiant.....	24
II.2.2.3. Le stabilisant thermique et le lubrifiant.....	24
II.2.2.4. Préparation des plaques.....	25
II.2.2.5. Préparation des éprouvettes de type H.....	28
II.2.3. Test d'absorption d'eau.....	29
II.2.4. Essais mécaniques.....	29
II.2.4.1. Test de traction.....	29

Chapitre III : Résultats et Discussions

III.1. Détermination du taux d'humidité.....	31
III.2. Détermination du taux de cendre.....	31
III.3. Détermination de taux de phénol totaux.....	32
III.4. Analyse Thermogravimétrique (ATG).....	33
III.5. Analyse par IRTF.....	34
III.6. Taux d'absorption.....	36
III.7. Propriétés d'attraction.....	37
Conclusion générale.....	39
Références bibliographiques	
Annexe	
Résumé	

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

Introduction Générale

Actuellement, la transition vers une économie durable et plus respectueuse de l'environnement s'effectue tout d'abord par un changement dans les cultures agricoles, la consommation alimentaire, la production d'énergie, la quête de ressources renouvelables, ainsi que l'incitation aux cultures non vivrières, afin de réduire la production pétrochimique et l'émission des gaz à effet de serre. C'est dans cette perspective que l'intérêt pour les fibres ligno-cellulosiques provenant de tissus végétaux s'est accru, tenant compte du fait qu'elles constituent des ressources renouvelables [1].

L'utilisation des ressources renouvelables (ressources provenant de la biomasse) dans les matériaux composites devient de plus en plus fréquente de nos jours. Les marchés sont de plus en plus axés vers une demande en produits plus respectueux de l'environnement. Pour y répondre, des recherches sont menées dans de nombreux laboratoires à l'échelle internationale. Des matériaux nommés souvent éco-matériaux, bio-composites, matériaux éco-conçus, etc. ont ainsi vu le jour [2].

Les matériaux composites à matrice polymère thermoplastique de synthèse renforcée par des fibres de bois sont internationalement connus sous le sigle WPC (Wood Plastic Composites). Cette dénomination englobe de façon très générale les composites réalisés avec tous les types de polymères et tous les types de fibres végétales. Il s'agit pourtant de matériaux différents tant par leurs caractéristiques physico-chimiques que par leurs procédés de mise en œuvre ou par les solutions de recyclage en fin de vie [3].

En fait, la faible densité, le faible coût, la disponibilité et l'aptitude au recyclage des fibres naturelles encouragent un fort potentiel de développement comme agent de renfort dans les matrices polymères [4].

Il est important de noter que le bois et le PVC sont comme l'eau et le pétrole, ils ne se mélangent pas. La plupart des thermoplastiques sont hydrophobes car composés de substances non polaires, qui ne sont pas compatibles avec les fibres de bois hydrophiles (substances polaires). Ceci conduit à une incompatibilité naturelle entre le polymère et la fibre dans le WPC. Celle-ci empêche le mélange des deux constituants pour obtenir une bonne dispersion du bois dans le polymère thermoplastique. Plusieurs recherches ont été faites afin d'améliorer l'interface bois/PVC. Ces études ont abouties à des résultats satisfaisants afin d'obtenir un matériau écologique avec de bonnes propriétés pour la faune et la flore [5].

L'objectif de ce mémoire est l'élaboration et la caractérisation d'un nouveau matériau composite à base de PVC comme matrice polymérique chargé par la farine de Chêne Zeen (CZ) et/ou bois rouge (BR).

Introduction Générale

Le plan de notre travail comporte une introduction, trois chapitres, et s'achève d'une conclusion.

Le premier chapitre est une étude bibliographique

Le deuxième chapitre comprend les matériaux et les méthodes expérimentales utilisés.

Le troisième chapitre est consacré à la discussion de l'ensemble des résultats obtenus.

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

PARTIE I :

GÉNÉRALITÉS SUR LE BOIS

I.1. GENERALITES SUR LE BOIS :

Bois Rouge Généralement appelé Sapin rouge, le Pin Sylvestre est un conifère résineux présent en Europe du Nord et en Sibérie ; il résiste bien au froid intense ainsi qu'à la sécheresse. Cet arbre au long tronc se reconnaît notamment à la couleur orangée de son écorce, à ses aiguilles et ses cônes pointus. Son bois très résineux en fait naturellement un bois tendre qui se laisse facilement travailler; il est particulièrement apprécié par les menuisiers pour réaliser des portes, des placards, du mobilier d'intérieur et peut être employé en extérieur lorsqu'il est traité thermiquement [24].



Figure I-01 : Arbre de bois rouge (pin finlandais) [24].

Le chêne zeen est un arbre qui pousse spontanément dans les régions tempérées à subtropicale de l'hémisphère Nord, avec une incursion en Indonésie, mais aussi les forêts tropicales d'altitude. Dans des forêts situées en Kabylie, ont trouve des arbres majestueux, âgés de plus de 550 ans et dont la circonférence peut atteindre huit mètre.

En Algérie le chêne zeen occupe 65000 hectares, soit 6,5 de la surface totale boisée [26].

Le chêne zeen se distingue par rapport aux bois de chênes méditerranéens et Européens par sa faible anisotropie, caractère indicateur de la stabilité dimensionnelle de son bois, il possède un bois très dur et très dense. La résistance aux chocs est excellente. L'aubier est souvent attaqué par les champignons, il ne résiste pas aux termites et autres attaques de parasites [13].



Figure I-02 : Arbre du chêne zeen [13].

I.1.1. Structure du bois

I.1.1.1. Structure macroscopique du bois

Lorsque l'on regarde la section transversale d'un tronc d'arbre, plusieurs éléments caractéristiques sont visibles à l'œil nu. De la moelle vers l'extérieur, nous pouvons distinguer une première zone centrale appelée duramen (bois mort), une zone plus claire appelée aubier (bois fonctionnel), le cambium et enfin l'écorce (figure I-03).

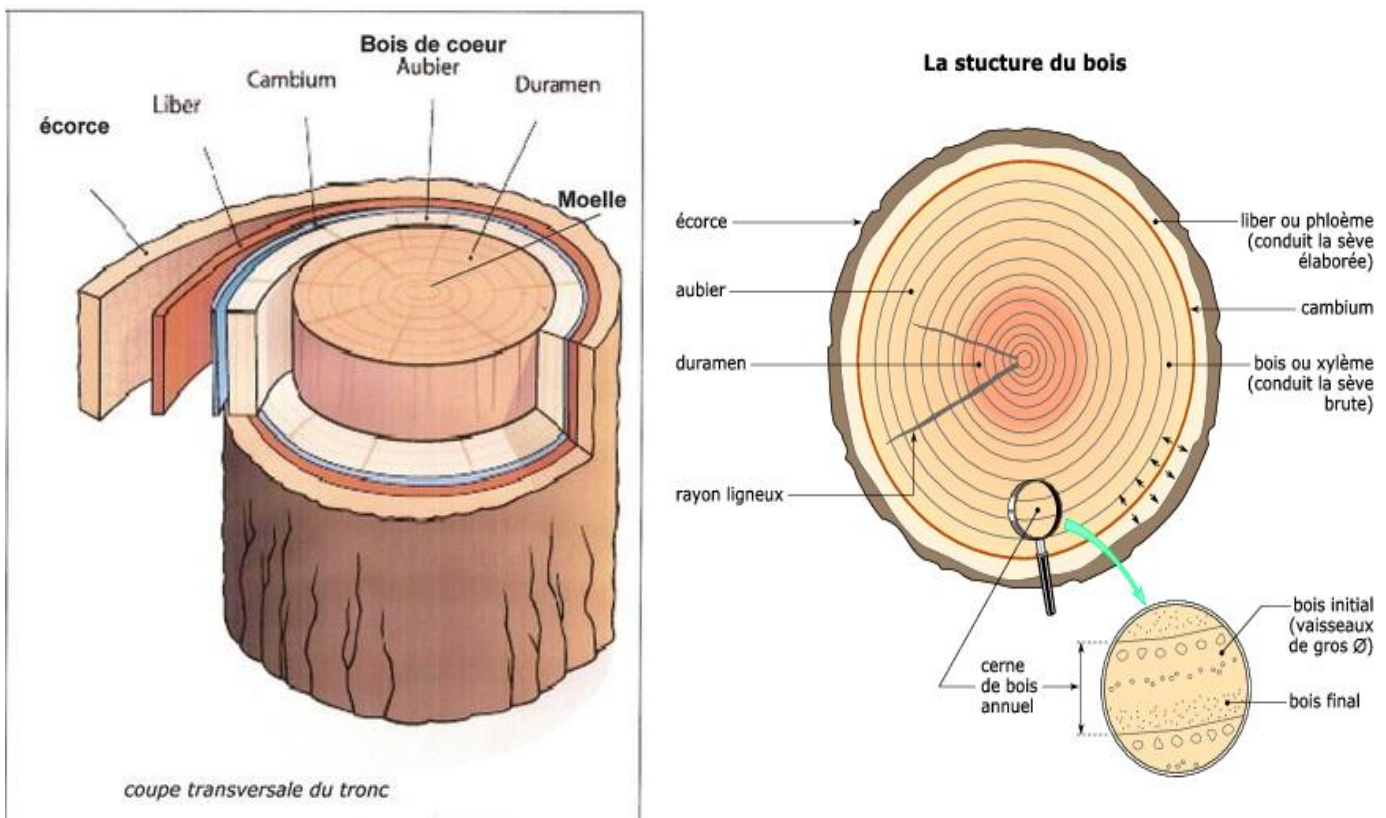


Figure I-03 : Coupe transversale d'un tronc d'arbre [14].

Les régions fonctionnelles et actives du bois ne sont en réalité localisées que dans l'aubier. Au fur à mesure que l'on s'éloigne de l'aubier, le bois fonctionnel se transforme en bois non fonctionnel, souvent appelé « bois de cœur » ou « bois parfait ». Ce bois n'assure plus le rôle de conduction mais seulement un rôle mécanique structural [6].

I.1.1.2. Microstructure du bois

I.1.1.2.1. Plans de référence du bois

Pour connaître la structure d'un bois, il est nécessaire de le caractériser à l'aide de trois coupes réalisées dans trois sections perpendiculaires liées à une géométrie cylindrique : section transversale (Tr), radiale (Ra) et tangentielle (Tg) (Figure I-04). La coupe transversale est perpendiculaire à l'axe de la tige, la radiale se fait dans un plan passant par la moelle et la tangentielle, dans un plan excentré et parallèle à l'axe de la tige [13].

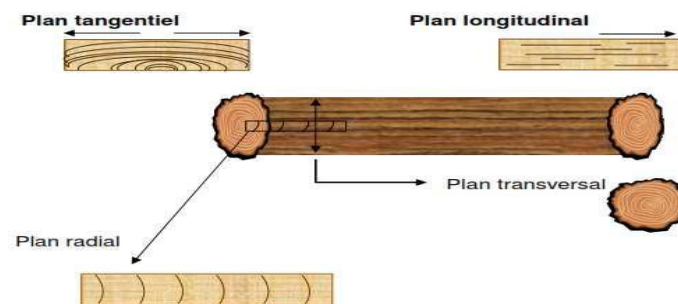


Figure I-04 : Plans de référence du bois [13].

I.1.1.3. Ultra structure du bois

I.1.1.3.1. Présentation de la fibre végétale

Les fibres naturelles sont utilisées depuis 3000 ans dans les composites, par exemple dans l'ancienne Égypte, où la paille et d'argile étaient mélangés pour construire des murs. Au cours de la dernière décennie, les composites renforcés de fibres naturelles ont reçu une attention croissante, tant auprès du monde universitaire que de diverses industries. Il existe une grande variété de fibres naturelles qui peuvent être utilisées pour le renforcement ou comme charges [7].

Les fibres sont très nombreuses dans le bois final, irrégulièrement réparties, à trajet rectilignes obliques. Chez le chêne zeen, le lumen est assez réduit à paroi très épaisse, confère à cette essence une densité très élevée, elles sont dotées de punctuations simples [8].

I.1.1.3.2. Structure de la fibre végétale

La fibre végétale est composée de plusieurs parois parallèles à l'axe de la fibre et disposée en couche superposée dans le sens radiale. Ces différentes couches qui forment la lamelle mitoyenne, la paroi primaire et la paroi secondaire. Ces dernières bordent un lumen de diamètre variable suivant l'espèce. La paroi secondaire est composée de trois couches de micro fibrilles (S1, S2, S3) [5].

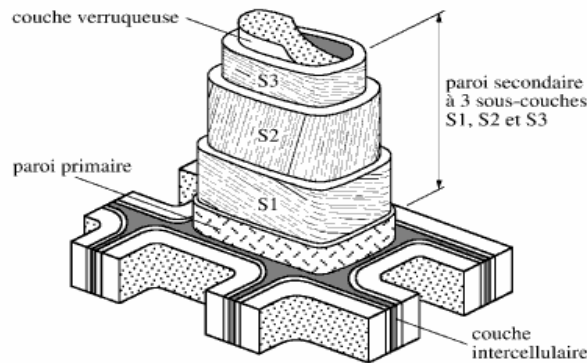


Figure I-05 : Représentation schématique des différentes couches de la paroi cellulaire [5].

La paroi cellulaire du bois est multicouche et constituée d'une couche intercellulaire et de deux parois, primaire et secondaire, elle-même contient trois couche : S1, S2, S3.

- **La couche intercellulaire** : La couche intercellulaire apparaît après la division de la cellule mère. Son épaisseur varie entre 0,5 et 1,5 μm . Cette couche permet de lier les cellules les unes aux autres, elle possède une importante quantité de lignine.
- **La paroi primaire** : Cette paroi très mince mesure environ 0,1 μm d'épaisseur, elle contient une grande quantité de lignine.
- **La paroi secondaire** : Elle est constituée de trois sous-couches:
 - La couche **S1** est constituée de micro fibrilles croisées, avec un angle compris entre 60° et 80° par rapport à l'axe de la cellule.
 - La couche **S2** constitue la partie la plus volumineuse de la paroi. Elle est composée de micro fibrilles en hélice formant un angle de 5° à 50° par rapport à l'axe de la cellule.

- La couche **S3** est relativement mince. Son épaisseur varie entre 0,5 et 1,1 μm. Elle est constituée de micro fibrilles dont l'orientation varie entre 60 et 90° par rapport à l'axe de la cellule.

Chacune de ces trois couches contient également de la lignine et des hémicelluloses [5].

I.1.1.4. Composition chimique du bois

Le bois est constitué de carbone (environ 50%), d'oxygène (42%), d'hydrogène (6%), d'azote (1%) et d'autres atomes en quantité moindre (1%). Selon les essences ou le milieu d'origine, le bois aura des teneurs variables en matières minérales : Ca, Mg, Na, Pt, Fe, Si, P, S, etc [3].

Au niveau moléculaire, le bois est constitué principalement de bio polymères : la cellulose (40-50%), la lignine (15-35%) et les hémicelluloses (20% environ). A ces trois constituants, viennent s'ajouter des substances extractibles de nature organique et des substances minérales (cendres) [3].

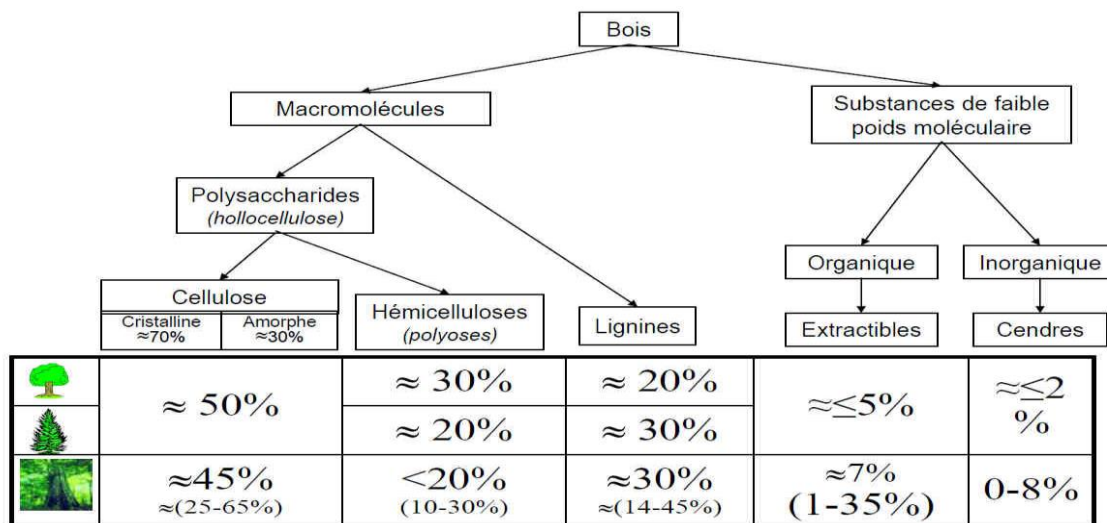


Figure I-06 : schéma de composition chimique simplifiée du bois, selon que les essences sont feuillues tempérées (1ère ligne), résineuses (2ème ligne) ou feuillues tropicales (3ème ligne). [21].

➤ La cellulose

La cellulose est le constituant structural principal des parois cellulaires végétales, ce qui en fait la substance naturelle la plus importante dans les organismes vivants : environ 40% du carbone organique. La quantité de cellulose dans le bois varie de 40% à 50%. Le degré de polymérisation de la cellulose varie de 7 000 à 15 000 dans le bois mais est réduit à 2 500

après extraction et purification. Les molécules disposées en rangs parallèles de 60 à 70 chaînes de cellulose, en forme de ruban, sont stabilisées par des liaisons hydrogène intermoléculaires intramoléculaires et forment des alignements hautement structurés appelés micro fibrilles présentant une certaine cristallinité. Ces micro fibrilles sont liées entre elles par des liaisons faibles : liaisons hydrogène et de Van der Waals. Leur longueur est de 7 μm environ [3].

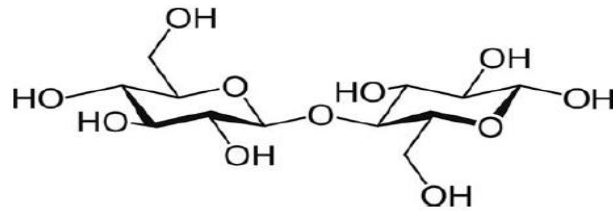


Figure I-07 : Structure de la molécule de cellulose [3].

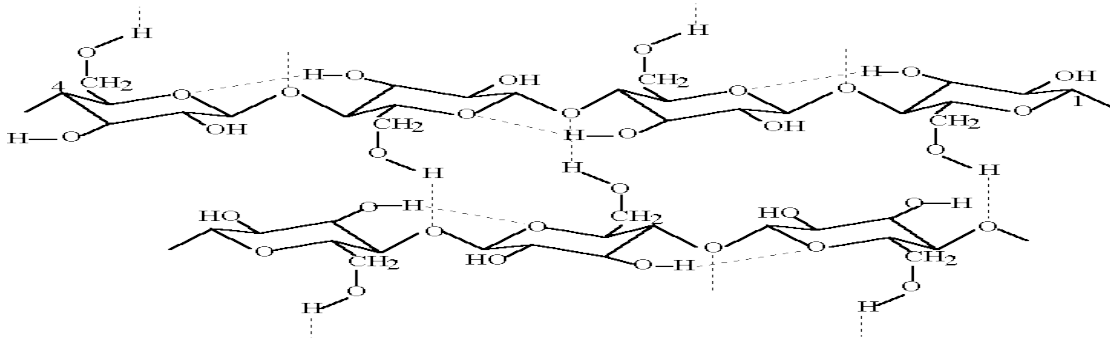


Figure I-08 : Ponts hydrogènes intramoléculaires et intermoléculaires entre deux macromolécules adjacentes de cellulose [6].

➤ Hémicelluloses

Sont des hétéro polysaccharides composés d'unités de glucose, le degré de polymérisation des hémicelluloses est beaucoup plus bas que celui de la cellulose et celles-ci sont moins ordonnées et plus courtes. Certaines peuvent tout de même former des unités cristallines. Elles diffèrent aussi de la cellulose par le fait qu'elle possède des chaînes moléculaires beaucoup plus courtes et des ramifications sur la chaîne principale.

Thermiquement elles sont beaucoup moins stables que la cellulose et la lignine. Les hémicelluloses jouent le rôle d'agent de couplage entre la cellulose polaire et la lignine beaucoup moins polaire, elles forment des liaisons hydrogènes avec la surface des micro fibrilles et des liaisons covalentes avec la matrice de la lignine. La dégradation des

hémicelluloses rend le bois fragile et rigide. Les hémicelluloses ont donc un rôle très important dans les propriétés viscoélastiques du bois [13].

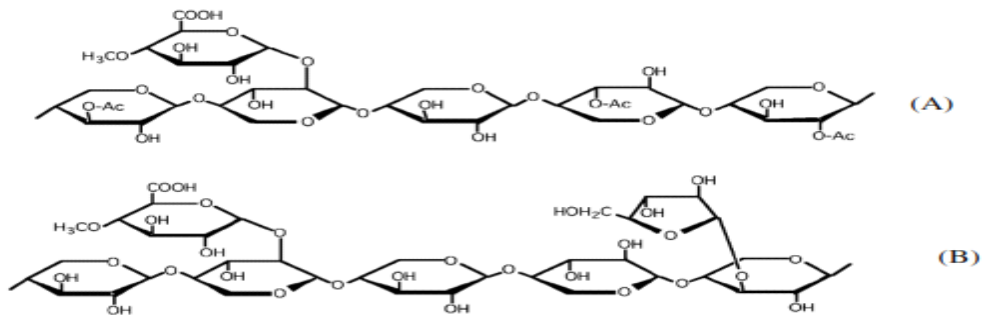


Figure I-09 : Structure chimique partielle de deux hémicelluloses : (A) O-acétyl-4-O-méthylglucuronoxylane de feuillus et (B) Arabino-4-O-méthylglucuronoxylane de résineux [5].

➤ La lignine

C'est un polymère tridimensionnel, amorphe et de nature phénolique, qui assure la rigidité de la paroi cellulaire, elle est d'un poids moléculaire indéterminé. C'est la fraction non saccharidique la plus abondante et la plus importante après la cellulose. Elle accroît les propriétés de résistance mécanique du bois. La lignine a originellement dans le bois une couleur blanche. Une fois extraite, sa couleur devient jaune pâle allant jusqu'au brun foncé. Les feuillus contiennent 18% à 25% de lignine alors que les résineux en contiennent 25% à 35% [6].

Dans le bois, la lignine est biosynthétisée à partir de trois alcools phénoliques : les alcools p-coumarylique, coniférylique et sinapylique. La polymérisation de ces trois alcools conduit respectivement à trois types d'unités dans la lignine :

- l'unité guaiacyle, dérivant de l'alcool transconiférylique.
- l'unité syringyle, dérivant de l'alcool transsinapylique.
- l'unité p-hydroxyphényle, dérivant de l'alcool trans-pcoumarylique[5].

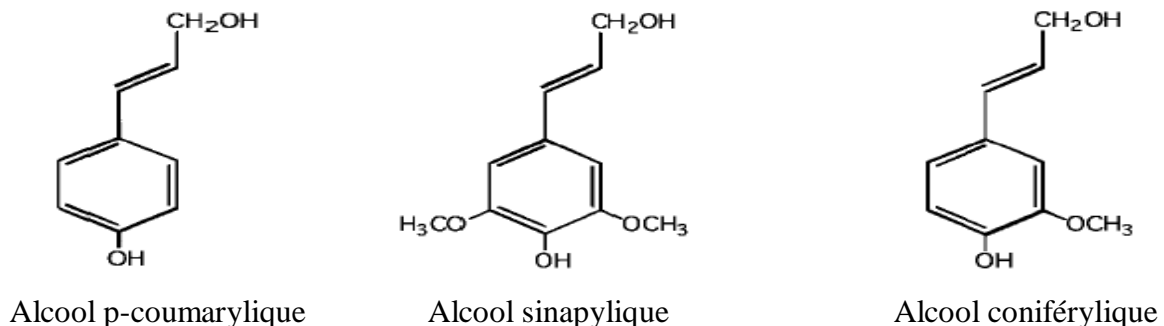


Figure I-10 : Précurseurs de la biosynthèse de la lignine [5].

➤ **Les extractibles**

Les extractibles sont des espèces chimiques très diverses qui peuvent être extraites du bois par des solvants polaires (acétone, eau, éthanol) ou apolaires (toluène, cyclohexane, d'extractibles. Bien qu'ils ne représentent qu'un faible pourcentage, l'odeur, la couleur et la résistance aux agents de dégradation biologique, dépendent en grande partie de ces extraits [5].

➤ **Les cendres**

Ce sont les résidus minéraux obtenus après combustion du bois à haute température. Ce sont des constituants inorganiques qui représentent moins de 1 % de la masse du bois, mais ils sont plus grands pour la biomasse herbacée. Parmi les substances qui se trouvent dans la biomasse sont : CaO , K_2O , Na_2O , SiO_2 , Fe_2O_3 , P_2O_5 , SO_3 et Cl . Les cinq premiers sont les principaux oxydes qui peuvent se trouver dans la cendre du bois, avec CaO le plus abondant [9].

➤ **Pectine**

La pectine, substance dérivée de glucides complexes, analogue à l'amidon, produite par de nombreux végétaux. Les pectines sont des substances amorphes blanches qui forment dans l'eau une solution visqueuse [22].

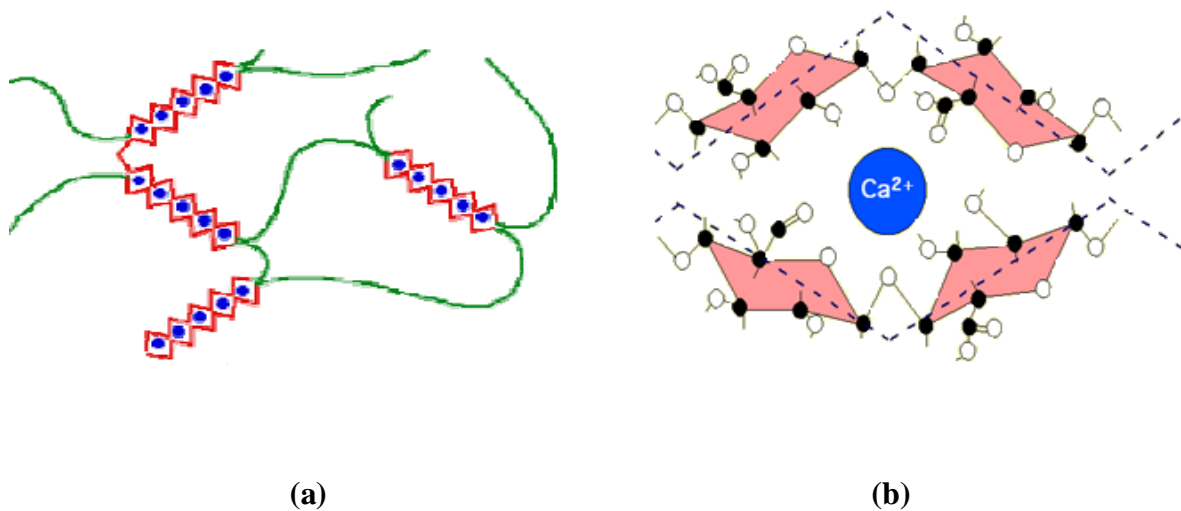


Figure I-11 : (a) Le réseau de pectine, (b) L'interaction de calcium avec la pectine [23].

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

PARTIE II :

GÉNÉRALITÉS SUR LE POLYMÈRE

I.2. Polymères synthétiques

Les polymères synthétiques sont à la base des matériaux qui sont de plus en plus utilisés et ce dans un nombre croissant d'applications. Selon leur comportement vis-à-vis de la chaleur, les polymères peuvent être divisés en deux grandes classes : les thermoplastiques et les thermodurcissables. Les thermoplastiques, peuvent se ramollir chaque fois qu'ils sont portés à une température déterminée après leur mise en forme (Polypropylène PP, Polyéthylène PE, polychlorure de vinyle PVC, etc.). L'autre groupe est celui des matériaux polymères thermodurcissables (Epoxy, Polyuréthane, colles phénoliques, etc.). Chaque polymère de ces deux groupes possède un ensemble de propriétés et de procédés de fabrication spécifiques [10].

I.2.1. Thermoplastiques

Ce sont des matériaux synthétiques constitués de polymère linéaires ou ramifiés. Le matériau thermoplastique est fusible sous l'effet de la chaleur et se solidifie par refroidissement et ceci plusieurs fois. Ils sont utilisés comme éléments structuraux et décoratifs dans diverses applications (le bâtiment, la construction, etc.). Dans l'industrie, ces matières sont transformées essentiellement par extrusion en matériaux fonctionnels. Elles peuvent être recyclées [11].

I.2.2. Thermodurcissables

Les résines thermodurcissables représentent la grande majorité des résines adhésives.

Les colles ou les polymères thermodurcissables sont largement utilisés pour le collage du bois ou dans les composites à base de bois, en particulier ceux à base de fibres cellulosiques. Ces résines servent à lier les fibres entre elles dans les panneaux reconstitués afin d'assurer la cohésion de l'ensemble. L'essentiel des colles employées sont l'urée formaldéhyde, Les résines phénoliques (phénol formaldéhyde : PF) et colles iso-cyanates. [9]

I.2.3. Généralités sur le PVC

I.2.3.1. Définition

Le poly (chlorure de vinyle), connu sous le sigle **PVC** (sigle venant de l'appellation (anglaise polyvinyl chloride), est un polymère thermoplastique de grande consommation amorphe ou faiblement cristallin, principal représentant de la famille chloropolymères.

Il est préparé à partir de deux matières premières : à 57% de sel de mer (NaCl) et à 43% de pétrole ; c'est la seule matière plastique constituée par plus de 50% de matière première d'origine minérale [12].

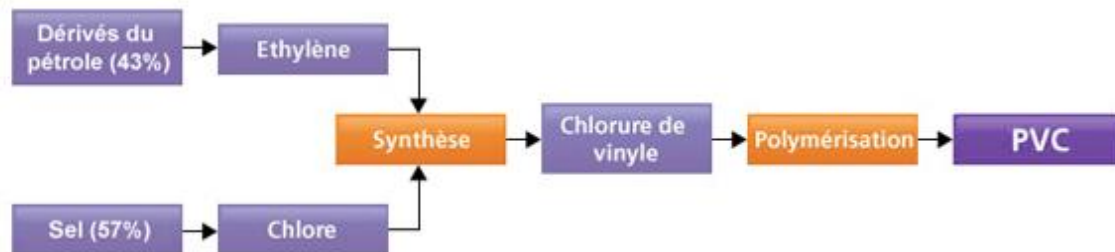


Figure I-12 : Schéma de fabrication du composant de base : la résine PVC ou « Compound » [13].

Le PVC rigide est surtout utilisé pour la fabrication de profilés et tubes par extrusion.

Le PVC souple (ou PVC plastifié) sert par exemple dans l'industrie des vêtements et des tapisseries.

De formule chimique $-(\text{CH}_2-\text{CHCl})_n-$, il est obtenu par polymérisation radicalaire du monomère chlorure de vinyle (sigle VCM, formule $\text{CH}_2=\text{CHCl}$). Le PVC est un matériau organique.

I.2.3.2. Application du PVC

Le polychlorure de vinyle trouve aujourd'hui de nombreuses utilisations dans l'industrie, on distingue principalement trois types de matériaux :

- Le PVC rigide, lisse et dur, utilisé pour fabriquer les tuyaux de canalisation, les garnitures et habillage des fenêtres.
- Le PVC souple, qui sert à recouvrir les manches de pinces et les câbles ou à fabriquer des plafonds tendus ; des imperméables et des rideaux de douche.
- Les films de PVC plastifié utilisés pour le marquage publicitaire ou comme emballage ; sous forme de film étirable.

Cette matière plastique figure aussi en bonne place parmi les nouveaux revêtements de sol et sert à fabriquer les bouteilles, les pellicules photo [13].

I.2.3.3. Propriétés du PVC

Il s'agit d'un plastique dur et solide résistant à l'eau, à la combustion et aux UV, auquel on ajoute souvent des plastifiants pour améliorer sa souplesse. Ce matériau se caractérise également par une très bonne résistance chimique aux acides, par contre, il est sensible à certains solvants organiques (aromatiques, cétoniques et chlorés). Les composites à base de PVC présente une bonne tenue au vieillissement naturel.

Le polychlorure de vinyle ne doit pas être brûlé avec d'autres déchets en plein air car il dégage de l'acide chlorhydrique en présence de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère, il peut être recyclées après utilisation. Il est généralement ductile.

Le tableau suivant montre quelques caractéristiques du PVC [13].

Tableau I-01: Propriétés du PVC [10].

PROPRIETES	PVC
Masse Volumique (kg/m ³)	1,03-1,58
Résistance à la traction (°C)	160-220
Résistance à la traction (MPa)	41-52
Module de traction (GPa)	2,41-4,14
Allongement à la rupture (%)	2-80
Résistance à l'impact (J/m)	21-1068
Température de distorsion à chaud (°C)	57-82
Tf (°C)	160-220
Tg (°C)	75-105

CHAPITRE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

PARTIE III :

MATÉRIAUX COMPOSITES

I.3. Matériau composite

Un matériau composite est un assemblage d'au moins deux matériaux non miscibles (mais ayant une forte capacité d'adhésion). Le nouveau matériau ainsi élaboré possède des performances supérieures à celles des éléments pris séparément. Il est généralement constitué de deux composants, un renfort qui assure la tenue mécanique et une matrice qui assure la cohésion de la structure et le transfert de charges entre les renforts. A ces deux composants principaux peuvent s'ajouter des additifs qui permettent de modifier l'aspect, ou les caractéristiques du matériau.

Généralement, un matériau composite à base de bois est constitué par :

- Une matrice organique (polymère)
- Une structure de renfort constituée de fibres [10].

I.3.1. Principaux composites

Quelques exemples de matériaux composites :

► les composites naturels

- le bois et les textiles naturels sont des composites à base d'une matrice en lignine et hémicellulose et de renforts en fibre de cellulose.
- l'os est un composite à base d'une matrice en collagène et de renforts en hydroxyapatite.

► les composites artificiels

- le Micarta est un composite de fibres (initialement coton ou papier) imprégnées à haute pression avec des résines phénoliques durcissantes telles que la Bakélite.
- le béton armé en génie civil est un composite de béton et d'acier.
- le composite dentaire.

I.3.2. Facteurs influant sur les propriétés des matériaux composites

Le renforcement des matériaux thermoplastiques par des fibres végétales est gouverné par les paramètres suivants: dispersion de la fibre, adhésion fibre/matrice et l'effet de l'humidité.

I.3.2.1. Dispersion de la fibre

La dispersion du renfort conduit à un mélange plus ou moins homogène des composants qui influence les propriétés physico-mécaniques du matériau composite. En effet, les fibres ont tendance à se regrouper et à s'agglomérer ce qui crée des hétérogénéités.

L'orientation des fibres génère une anisotropie, qui détermine des «Axes forts » pour le polymère, selon lesquelles les fibres seront sollicitées longitudinalement (direction la plus résistante de la fibre) [15].

I.3.2.2. Orientation de la fibre

L'orientation des fibres est un autre facteur important qui influe sur le comportement des composites. Car les fibres sont rarement orientées dans les matériaux composites en une seule direction, laquelle est nécessaire pour que les fibres donnent un effet de renforcement maximal. Le degré de renforcement dans les composites à base des fibres, dépend beaucoup de l'orientation individuelle de chaque fibre par rapport à l'axe d'étirement [16].

I.3.2.3. Influence de la nature et la quantité des constituants

L'augmentation du pourcentage de renforts améliore quasi systématiquement la rigidité d'un composite. Cependant, une trop grande quantité de renforts implique une adhésion plus difficile qui conduit à une baisse de performances dans certains cas. D'après la littérature, il est assez peu fréquent de trouver des composites fabriqués qui contiennent un pourcentage de fibres supérieur à 50-60%, sans rencontrer de nombreuses difficultés lors du moulage [17].

I.3.2.4. Effet de l'humidité

Les propriétés mécaniques des composites renforcés par des fibres naturelles peuvent être réduites en grande partie dans des conditions humides. C'est une préoccupation profonde car il y a des potentielles d'applications extérieures, où l'absorption d'humidité peut avoir une influence significative sur ces matériaux. Les liaisons entre les fibres naturelles (qui contiennent l'hydroxyle et d'autres groupes polaires) et les matrices relativement hydrophobes de polymère seraient affaiblies avec la prise d'eau élevée. L'interface affaiblie va causer la réduction des propriétés mécaniques des composites. Par conséquent, l'effet de l'humidité sur les propriétés mécaniques est essentiel pour les applications des composites renforcés par des fibres naturelles [18].

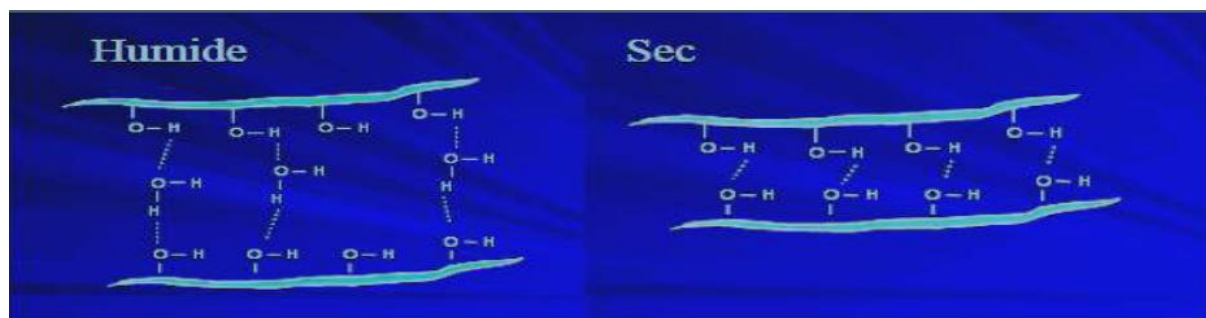


Figure I-13 : Schéma. Modèle d'adhésion inter-fibres dans le cas des liaisons hydrogène en phase humide et sèche [19].

I.3.3. Adhésion fibre/matrice

L'adhésion entre les fibres et la matrice est sans doute le point le plus important au niveau des caractéristiques des matériaux composites. En effet, leurs propriétés mécaniques chutent si l'adhésion fibre/matrice est mauvaise. Pour les WPC, ce phénomène est lié au fait que les fibres végétales sont hydrophiles et polaires alors que les polymères thermoplastiques couramment utilisés pour ces composites, sont hydrophobes et apolaires [3].

I.3.4. Avantages et inconvénients de l'utilisation de la fibre dans le matériau composite

Si la production des composites bois-polymère trouve de plus en plus de place dans l'industrie, c'est parce que la fibre utilisée présente plusieurs avantages et peu d'inconvénients récapitulés dans le tableau suivant :

Tableau I-02: Résumé des avantages et inconvénients des fibres et charges végétales [4].

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> • Faible densité • Biodégradabilité • Propriétés mécaniques élevés (résistance et rigidité) • Demande peu d'énergie • Matière première renouvelable avec un caractère écologique • Pas d'irritation lors de la manipulation • Séparation plus facile 	<ul style="list-style-type: none"> • A cause de leur caractère hydrophile et polaire, elles sont incompatibles avec les polymères apolaires • Leur température de dégradation (200°C) rend ça transformation difficile • Absorption de l'eau • Nécessite de traitement à certains risques (moisissures par exemple) • Peu d'adhérence fibre-matrice

<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilité • Non abrasive vis-à-vis du matériel de transformation • Faible coût 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualité variable la provenance, la date de récolte...) • Mauvaise tenue en vieillissement (blanchiment, odeurs) • La faible résistance à l'humidité conduit au gonflement
--	---

I.3.5. Domaine d'utilisation des composites bois-polymère

Les composites bois-polymères sont utilisés dans différents secteurs :

- ✓ Matériaux de construction (planches, volets, châssis, portes et fenêtres).
- ✓ Matériels de consommation et industriels, (armoires, planches, palettes, revêtement de sols).
- ✓ Véhicules automobiles (panneaux de portes, composants de coffres arrières, des vide-poches, des couvercles de pneus de rechange).
- ✓ les sports et loisirs: mats et coques de bateaux, planches de ski et de snowboard, cadres de bicyclette, raquette de tennis, coques de piscines, toboggans, carrosserie de voitures de sport, club de golf, canne à pêche, perche de saut.
- ✓ Autres applications (bancs, table de pique-nique, modules de jeux, ordures de jardin, ponts et pièces de bateaux) [10].

CHAPITRE II
MATÉRIEL ET MÉTHODE

II. Objectif

Le but de cette étude est l'élaboration et caractérisation d'un matériau composite à base de PVC renforcé par une charge végétale de bois de chêne zeen et bois rouge avec un diamètre de 0,125 mm à différents pourcentages(%).

II.1. Partie 1 (Fibre vierge)

II.1.1. Taux d'humidité

Le Taux d'humidité correspond à la quantité d'eau perdue par une substance solide ou boueuse ou gélatineuse, lors d'un chauffage à 105°C pendant 24 heures. Le Taux d'humidité s'exprime généralement en pourcentage pondéral.

Mode opératoire

- On pèse les creusets à vide.
- On prend 2g pour chaque échantillon.
- On met l'ensemble dans l'étuve à une température de 105°C pendant 24 heures.
- Ensuite, on met les échantillons dans un cristalliseur qui contient de la silice pendant 1 heure.
- On repese alors les creusets pour déduire le taux d'humidité.

Pour calculer la teneur en eau, on a utilisé la formule suivante :

$$W = \frac{[(m_1 + m_0) - m_2]}{m_0} \times 100$$

W : teneur en eau (g).

m_2 : poids de creuset avec le bois (g).

m_1 : poids de creuset vide.

m_0 : prise d'essai (2g).

II.1.2. Taux de cendre

Le taux de cendre est le résidu en sels minéraux et en matières inorganique obtenu après combustion de la fibre à température égale à 550°C.

✚ Mode opératoire

- On pèse les creusets à vide.
- On prend 2g pour chaque échantillon avec le poids de creuset.
- On met l'ensemble dans l'étuve à une température de 550°C pendant 2 heures 30 min.
- Ensuite, on met les échantillons dans un cristalliseur qui contient de la silice pendant 1 heure.
- On repèse alors les creusets pour déduire le poids des cendres (matière minérale).



Figure II-14 : Creuset avec les cendres (original 2017).

Pour calculer la teneur en cendre, on a utilisé la formule suivante :

$$W' = \frac{(m'_1 - m'_2)}{m'_0} \times 100$$

W' : teneur en cendre (g).

m'₁ : poids de creuset avec les cendres (g).

m'₂ : poids de creuset vide.

m'₀ : prise d'essai (2g).

II.1.3. Caractérisation chimique du matériel végétal (bois)

II.1.3.1. Détermination du taux de phénols totaux à partir d'acide gallique (C=0,5 g/l)

Les polyphénols sont des composés très précieux, présents spécifiquement chez les végétaux et jouent un rôle antioxydant, antitumoral, cardioprotecteur, antimicrobien, etc.

Les polyphénols sont dosés par la méthode colorimétrique en utilisant le réactif Folin-Ciocalteu et en se basant sur une gamme étalon (CHARRIER, 2008). Afin de déterminer la teneur des phénols totaux on suit ces étapes suivantes :

- D'abord, les échantillons du bois du chêne zeen, bois rouge et l'écores sont broyés à l'aide d'un broyeur.
- Ensuite, on va peser 0,5g de chaque échantillon avec 4 essais pour chacun d'eux.
- Après, on va mettre chaque échantillon dans une solution de méthanol à 80% (80% du méthanol + 20% d'eau distillée).
- Puis, on va entamer une agitation pour chaque échantillon pendant 120 minutes.

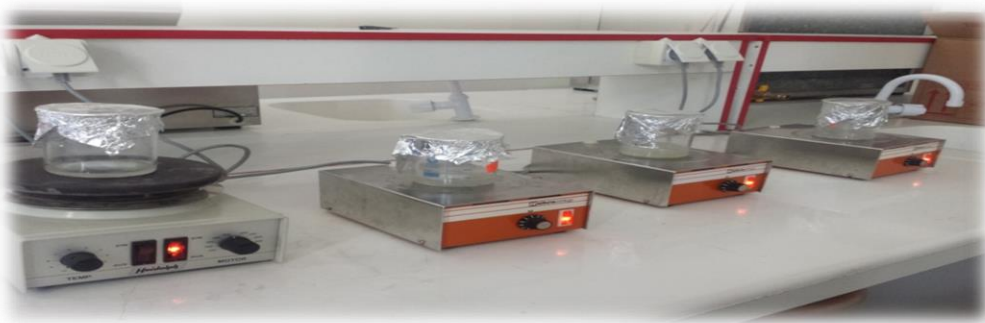


Figure II-15: Les solutions sont au cours d'agitation à l'aide des agitateurs (original 2017).

- Enfin, on récupère les filtrats dans un erlenmeyer.
- Par la suite, on mélange 0,5 ml de la solution à doser ou du filtrat avec 2,5ml de réactif Folin-Ciocalteu dilué 10 fois (1/10).
- Après une minute de contact de Folin avec le filtrat, on ajoute 2ml de carbonate de sodium (NaCO_3) à concentration 74g/l, puis on met chaque mélange dans un tube à essai.
- Puis, on met les tubes à essai dans le bain-marie à température $T=50^\circ\text{C}$ pendant 5 minutes.

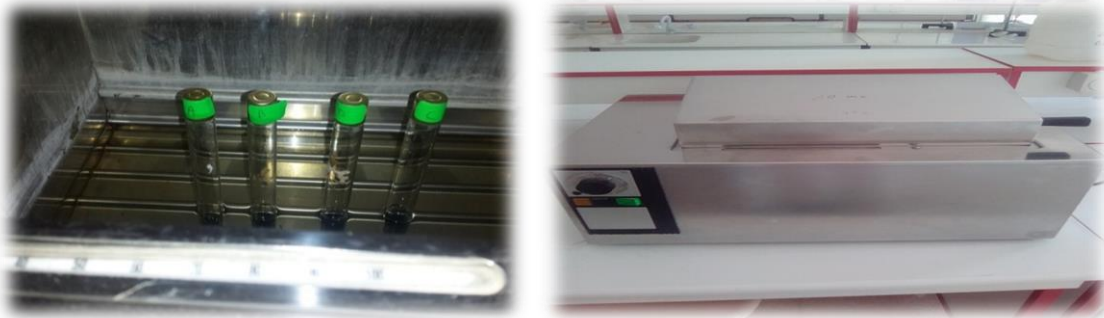


Figure II-16: Echantillons dans le bain-marie (originale 2017).

- On mesure ensuite l'absorbance de chaque échantillon à une longueur d'onde de 760 nm. La lecture des absorbances est faite sur un spectrophotomètre.



Figure II-17 : Spectrophotomètre HELIOS EPSILON (original 2017).

- Pour la préparation de la solution de l'acide gallique, on va peser 0,5g et on va le dissoudre dans un litre d'eau distillée.
- Après, il s'agit de préparer quatre solutions filles de concentration de 0,06 ; 0,12 ; 0,20 et 0,28 g/l à partir de la solution mère (acide gallique à 0,5g/l). la lecture des absorbances est faite sur un spectrophotomètre pour la préparation de la courbe d'étalonnage.

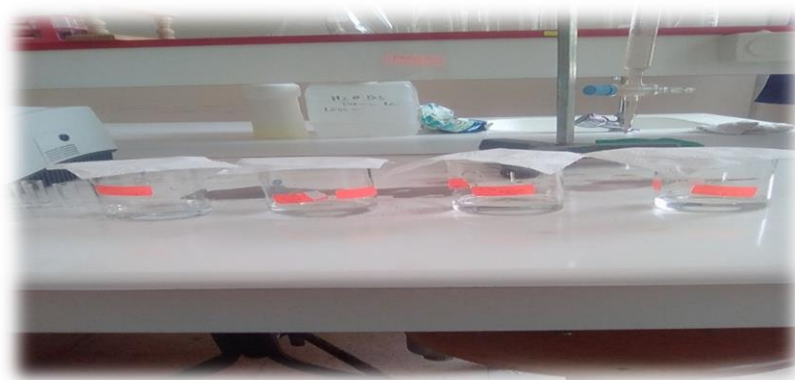


Figure II-18 : Solution filles d'acide gallique (original 2017).

Le pourcentage en polyphénols (équivalents en acide gallique) est calculé selon l'équation :

$$\% \text{phénols totaux} = \left[\frac{(C \times V)}{(1000 \times m)} \right] \times 100$$

C : concentration en équivalent acide gallique (g/l).

V : volume de la solution (0,5ml).

m : poids de l'échantillon à l'état frais (0,05g).

II.1.4. Analyse Thermogravimétrique (ATG)

L'analyse thermogravimétrique (ATG) est une technique d'analyse thermique qui consiste en la mesure de la variation de masse d'un échantillon en fonction du temps, pour une température ou un profil de température donné. Une telle technique suppose une bonne précision pour les trois mesures : masse, température et variation de température. Comme les courbes de variations de masse sont souvent similaires, il faut souvent réaliser des traitements de ces courbes afin de pouvoir les interpréter. La dérivée de ces courbes montre à quels points ces variations sont les plus importantes.

L'ATG est souvent employée dans la recherche et les essais pour déterminer les caractéristiques des matériaux tels que les polymères, pour estimer la cinétique d'oxydation en corrosion à haute température, pour déterminer les températures de dégradation, l'humidité absorbée par le matériau, la quantité en composés organiques et inorganiques d'un explosif et des résidus de solvants.

II.1.5. Analyse par spectroscopie Infra Rouge à Transformée de Fourier (IRTF)

La spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier est basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau analysé. Elle permet via la détection des vibrations caractéristiques des liaisons chimiques, d'effectuer l'analyse des fonctions chimiques présentes dans le matériau.

Pour ce faire, on a utilisé l'analyse infrarouge à transformée de Fourier (IRTF), à l'aide d'un spectrophotomètre IRTF.

II.2. Partie 2 (La mise en œuvre des matériaux)

II.2.1. Préparation des farines

II.2.1.1. La récolte du bois

II.2.1.2. Broyage

La sciure du bois de chêne zeen et de bois rouge est réduite en poudre fine en utilisant un broyeur industriel.



Figure II-19 : Exemple du broyeur utilisé (original 2017).

II.2.1.3. Tamisage

Après broyage, la farine est calibrée au moyen d'un tamis de diamètre de 0,125 mm.



Figure II-20 : Tamis utilisé de marque RETSCH AS 200 (original 2017).

II.2.2. Elaboration des composites fibre/PVC

II.2.2.1. La résine de PVC

Une matrice de type SE-1200 produite par la société américaine polymérisée en suspension, de masse volumique 0,509-0,520 g/cm³ et de valeur K-wert 71, une densité de 0,481-0,561 g/cm et une viscosité de 0,99-1,030.

II.2.2.2. Le plastifiant

Le plastifiant utilisé dans la préparation des composites est fourni par la société générale des plastifiants (Tunisie). Il s'agit du Di-Octyle Phtalate (DOP) de formule brute C₂₄H₃₈O₄ et de masse molaire 390,6 g/mol.

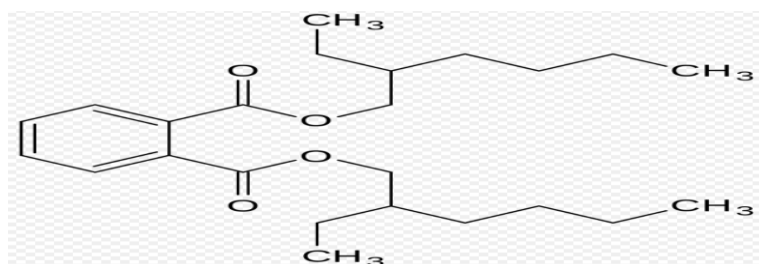


Figure II-21 : Formule chimique du DOP.

II.2.2.3. Le stabilisant thermique et le lubrifiant

Les stabilisants thermiques et le lubrifiant utilisés dans la préparation des différentes formulations sont regroupés dans le tableau (II-03).

Tableau II-03: stabilisant thermique et lubrifiant.

Produit	Nature	Formule chimique	Nom commercial	Fournisseur	Aspect
Stabilisant thermique	Complexe calcium-zinc		Reapak BCV/3037	BETAQUIMICA Espagne	Poudre blanche
Lubrifiant	Poudre blanche	CH ₃ -[CH ₂] ₁₆ -COOH	Stéarine JOS	Henkel Allemagne	Ecailles blanches

La matrice PVC, le lubrifiant et le stabilisant sont introduits dans un récipient puis on a mélangent le tous à l'aide d'une spatule (à la main). Après un mélangeage de 4 à 5 minutes on a ajoute le plastifiant et on a continue à mélanger pendant 7 minute le compound obtenu appelé mélange à sec, est utilisé pour la préparation des différentes formulations.

II.2.2.4. Préparation des plaques

Avant de passé à la préparation des plaques on a élaboré la formule suivante :

Résine PVC.....	100 (p.c.r)
Plastifiant.....	30 (p.c.r)
Stabilisant.....	4 (p.c.r)
Lubrifiant.....	0,5 (p.c.r)

Pour chaque formulation 300 grammes prélevés du mélange à sec, on a introduit la fibre de chêne zeen et bois rouge à des teneurs soit 10%, 15% et 20% massique pour une granulométrie de 0,125 mm. Puis on a mélangés tous à l'aide d'une spatule pour homogénéiser.

On a aussi préparé deux mélanges de 20% à différents pourcentages :

- 15% chêne zeen + 5% bois rouge.
- 15% bois rouge + 5% chêne zeen.

Pour 10% de charge + 90% du mélange à sec on aura :

30g de charge + 270g de mélange à sec.

Pour 15% de charge + 85% de mélange à sec on aura :

45g de charge + 255g de mélange à sec.

Pour 20% de charge + 80% de mélange à sec on aura :

60g de charge + 240g de mélange à sec.

Pour 20% de charge (mélange de bois) + 80% de mélange à sec on aura :

15% chêne zeen (45g) + 5% bois rouge (15g) + 240g de mélange à sec.

15% bois rouge (45g) + 5% chêne zeen (15g) + 240g de mélange à sec.



Figure II-22 : Images du mélange avant et après l'ajout de la fibre (original 2017).

La préparation des composites a été faite sur un mélangeur à deux cylindres de marque LESCUYER, avec une vitesse de rotation de 25 tr/min à une température de 140°C et un temps de 4-5 minutes jusqu'à fusion du polymère puis incorporation de la farine.



Figure II-23 : Mélangeur à deux cylindres de marque LESCUYER (original 2017).

Chaque formulation est ensuite soumise à un moulage par pressage à chaud sous une pression de 300 KN et à une température de 170°C à l'aide d'une presse de marque FONTJINE. Les plaques ainsi obtenues avec une épaisseur de 2 mm sont refroidies à température ambiante.



Figure II-24 : Presse de marque FONTJINE (original 2017).



Figure II-25 : Images des plaques avant et après passage à la presse (original 2017).

II.2.2.5. Préparation des éprouvettes de type H

Nous avons découpé les plaques préparées en éprouvettes de type H à l'aide d'un appareil mécanique qui est représenté dans la figure II-26, pour chaque échantillon six éprouvettes ont été découpées, dont les caractéristiques suivantes :

Longueur totale : $75 + 2$ mm.

Longueur partie calibrée : $25 + 0,5$ mm.

Largueur aux extrémités : $12,5 + 1$ mm.

Largueur partie étroite : $4 + 0,1$ mm.

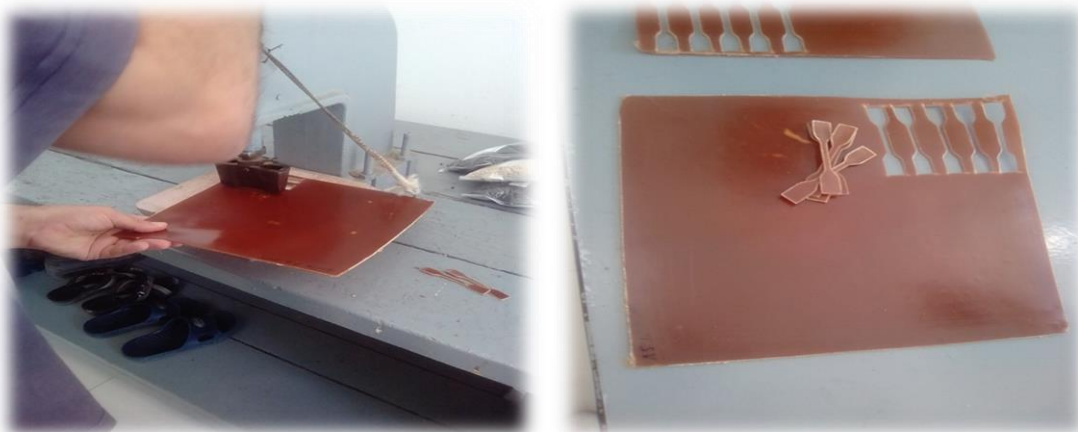


Figure II-26 : Appareil mécanique des éprouvettes de type H (original 2017).

II.2.3. Test d'absorption d'eau

C'est la quantité d'eau maximale que peut absorber un échantillon de 6 grammes préalablement étuvé pour qu'il puisse perdre son eau libre, après une immersion complète dans de l'eau distillée.



Figure II-27 : Echantillons immergés dans l'eau distillée (original 2017).

- Nous avons préparé des échantillons de dimension 50mm x 50mm x 2mm.
- Nous avons pesé chaque échantillon.
- Nous avons immergés chaque plaque totalement dans l'eau distillée pH neutre à température ambiante pendant 24h.
- Après les 24h, les échantillons ont été essuyés à l'aide du papier absorbant puis repesés pour déterminer enfin leur taux d'absorption.

$$\text{Taux d'absorption d'eau} = \frac{[(m_e - m_0)]}{m_0} \times 100$$

m_0 : la masse de l'échantillon avant l'immersion (g).

m_e : la masse de l'échantillon après l'immersion (g).

II.2.4. Essais mécaniques

II.2.4.1. Test de traction

Les essais de traction ont été effectués avec des éprouvettes obtenues sur une machine de marque ZWICK de type BTC-FR 2,5TN.D09.



Figure II-28 : Machine d'essai de traction de marque ZWICK de type BTC-FR 2.5TN.D09 (original 2017).



Figure II-29 : Eprouvettes avant et après test d'attraction (original 2017).

CHAPITRE III
RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

III.1. Détermination du taux d'humidité

Le résultat de calcul est résumé dans le tableau suivant :

Tableau III-04 : résultats de calcul de taux d'humidité.

	Taux d'humidité en (%)
Bois rouge	6,72
Chêne zeen	6,80

Après le séchage du bois pendant 24h à une température de 105°C, on constate que toute l'eau est évaporée et il ne reste que la matière minérale et organique. Les résultats du calcul révèlent un taux d'humidité de 6,72% pour le bois rouge et 6,80% pour le chêne zeen.

Les molécules d'eau dans les composites PVC/fibres végétales sont localisées au sein des fibres végétales, à caractère hydrophile. En amont de la fabrication du composite, plus le taux d'humidité des fibres sera élevé, plus le module élastique, la contrainte maximale et la stabilité thermique du composite diminueront, ceci à cause de la formation de bulles, de la dégradation thermique, de la mauvaise adhésion fibres/matrice, etc.

III.2. Détermination du taux de cendre

Les résultats de calculs sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau III-05 : Résultats de calcul de taux de cendre.

	Taux de cendre (%)
Bois rouge	0,53
Chêne zeen	0,43

Après l'incinération du bois rouge et chêne zeen, on constate que la matière organique a totalement disparue et il n'a resté que la matière minérale (cendre) qui est constituées principalement du soufre, phosphore, chlore, silicium, potassium, calcium, magnésium, fer, sodium et exceptionnellement elle peut contenir de l'aluminium, zinc et bore... les résultats du calcul révèlent une teneur en cendre de **0,53%** pour le bois rouge et **0,43%** pour le chêne zeen.

La différence observée peut être attribuée à plusieurs facteurs tels que la saison d'abattage, la nature du sol en matières minérales et la nature du bois (bois rouge résineux et chêne zeen feuillus). La quantité et la nature des matières minérales formant les cendres varient également avec les diverses parties de l'arbre. L'écorce en contient plus que le bois, les branches plus que le tronc et le tronc plus que les racines, notre bois été pris du duramen.

III.3. Détermination de taux de phénol totaux

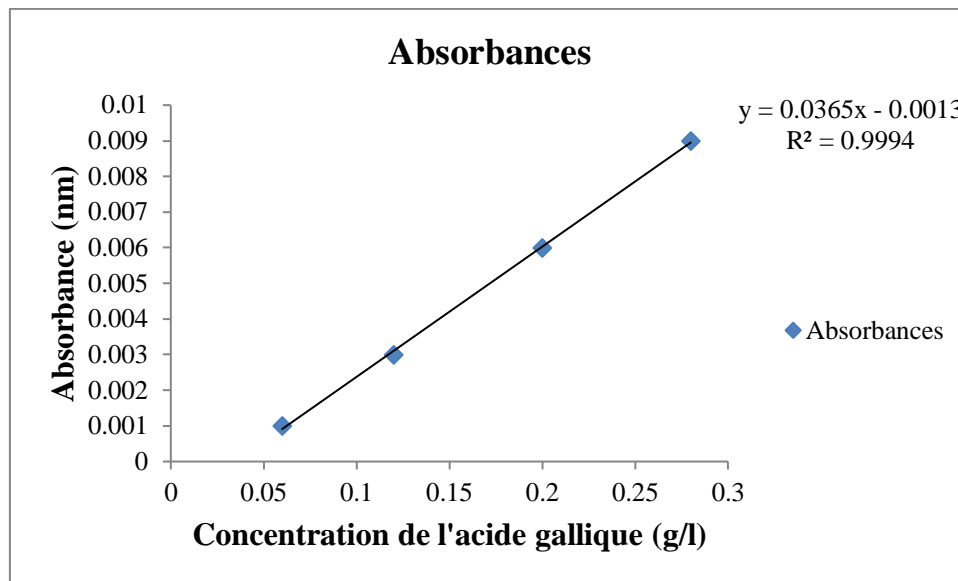


Figure III-30 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique à 0,5 g/l.

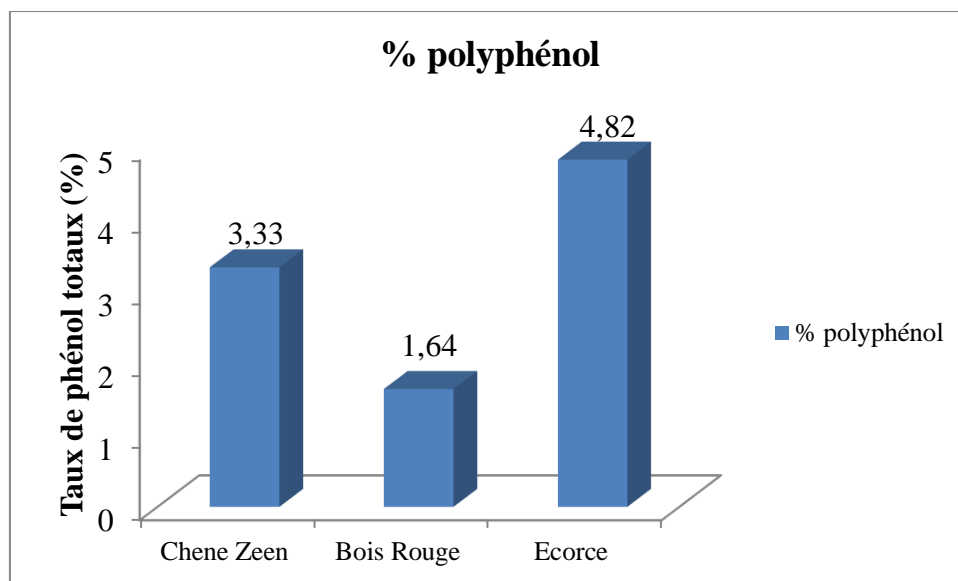


Figure III-31 : Histogramme de taux de phénol totaux.

La teneur des polyphénols totaux est de 3,33% pour le chêne zeen, de 1,64% pour le bois rouge et de 4,82% pour l'écorce.

Les résultats obtenus peuvent être expliqués par l'effet de l'endroit où ils ont été extraits, les facteurs climatiques et environnementaux peuvent influencer sur le taux de composés phénoliques comme : la lumière, les précipitations, la topographie, la saison et le type de sols. De plus, la teneur en polyphénol augmente progressivement de la moelle vers la périphérie du bois du cœur, aussi bien pour le duramen foncé que pour les pâles. L'écorce est

généralement plus acide que le bois, car ses extraits contiennent habituellement plus de polyphénol, Ceci explique le taux des polyphénols élevé de l'écorce. L'âge de l'arbre joue également un rôle, en effet, une teneur inférieure dans le bois de cœur des arbres plus jeunes (bois juvénile) est souvent à la base de leurs moindres durabilités et leur sensibilité à la décoloration et à la pourriture.

III.4. Analyse Thermogravimétrique (ATG)

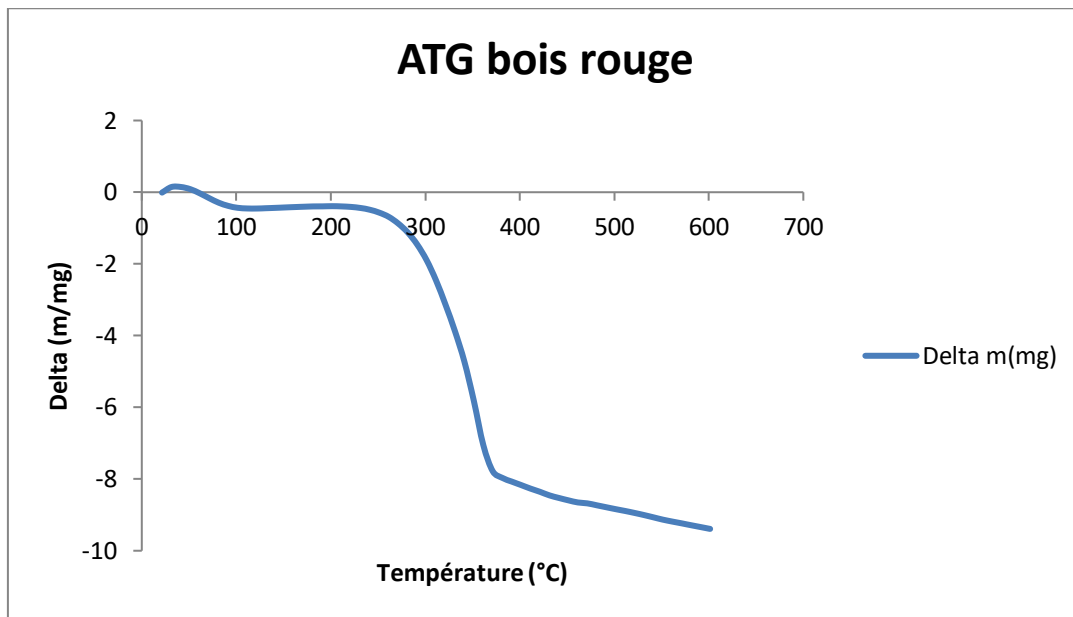


Figure III-32 : Analyse Thermogravimétrique du bois rouge.

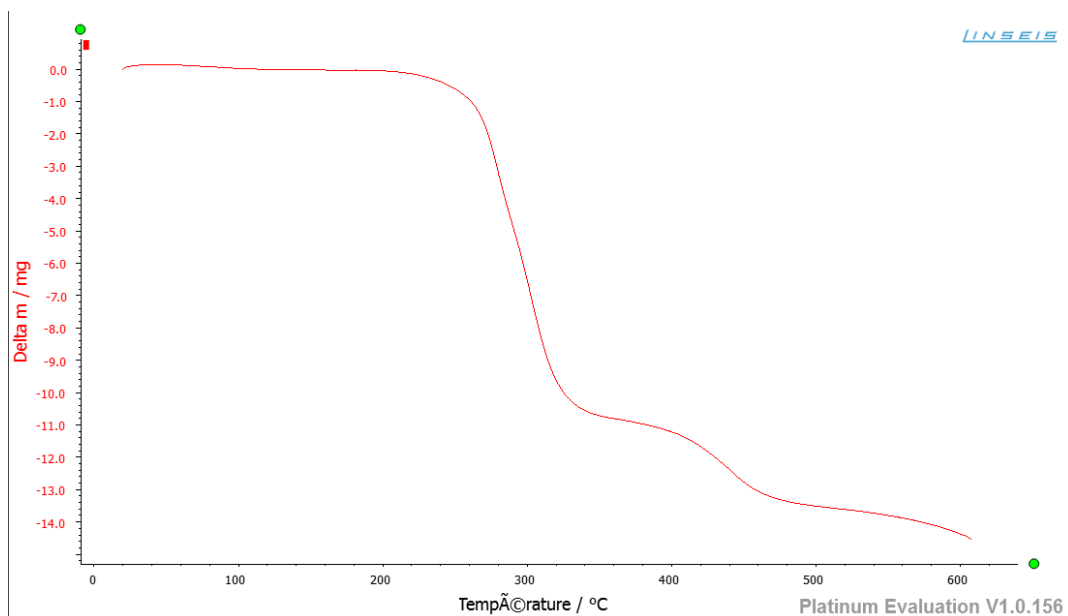


Figure III-33 : Analyse Thermogravimétrique du chêne zeen.

Les figures III-32 et III-33 montrent les thermogrammes ATG de farine de bois rouge et chêne zeen respectivement, en fonction de la température. La décomposition thermique du bois rouge montre un seul stade de décomposition, alors que le chêne zeen présente deux

stades de décomposition. On remarque une légère perte de masse aux environ de 100°C liée à l'évaporation d'eau.

Pour les deux fibres on constate une perte de masse d'environ 80% entre 250 et 350°C. Les nombreuses études de la littérature s'accordent pour dire que la cellulose se dégraderait entre 300 et 420°C, alors que les pectines et les hémicelluloses seraient dégradées entre 250 et 320°C. Albano et al, Rosa et al, ainsi que Ezekiel et al, indiquent également que des ruptures de liaisons glycosidiques de la cellulose se produisent également à partir de 200°C. En ce qui concerne les lignines, il subsiste un désaccord au niveau de leur température de décomposition qui pourrait s'expliquer par la complexité de leur structure chimique. Pour certains auteurs les lignines se décomposeraient vers 200°C et au-delà de 400°C, Yang et al, accordent tout le monde en montrant que la lignine se dégrade sur une large gamme de température qui va de 160°C à 900°C [25].

Dans notre cas, il est difficile de distinguer les différentes étapes, Mamleev et al, ont montré que pour des températures inférieures à 300°C les réactions d'oxydation sont responsables de l'augmentation de la vitesse de perte de masse et de l'accélération de la dépolymérisation de la cellulose, tandis que pour des températures supérieures à 300°C la dégradation est indépendante des réactions d'oxydation (la vitesse de perte de masse est identique sous air et sous atmosphère inerte).

III.5. Analyse par IRTF

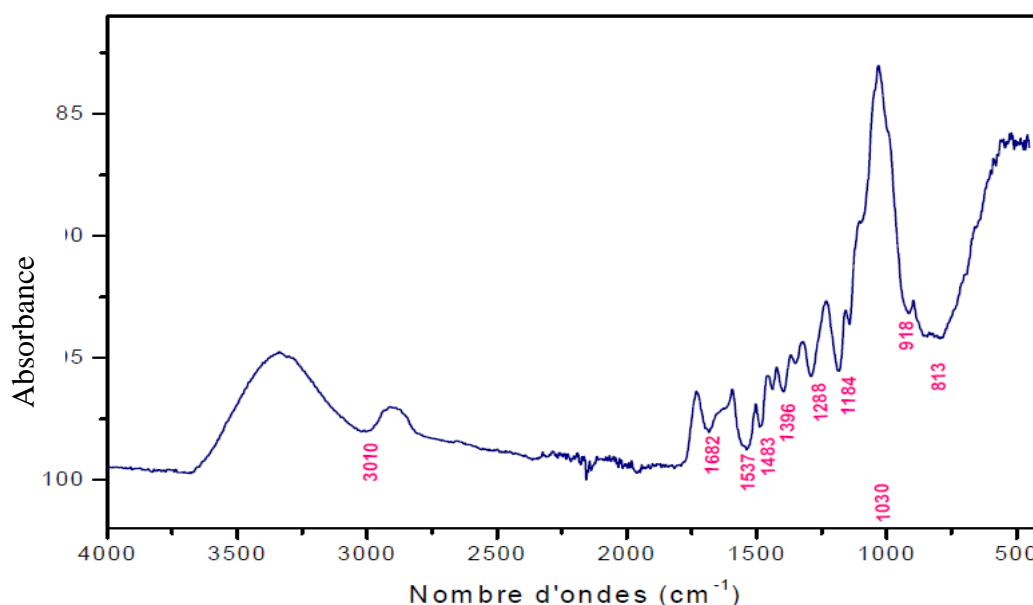


Figure III-34 : Spectre IR de la fibre vierge de chêne zeen.

On observe une large bande à 3422-3175 cm^{-1} , qui est due principalement aux groupements OH caractéristiques des hémicelluloses et de la lignine et un pic 2924 cm^{-1} correspond aux polysaccharides. Des groupements carbonyle C=O de longueur d'onde de 1737 cm^{-1} traduit l'existence de l'acétyle et acides carboxyliques et/ou des esters des xylanes présents dans les lignines et hémicelluloses. On observe également la présence d'un pic à 1655 cm^{-1} correspond à des cétones conjuguées, la bande 1490-1426 cm^{-1} est signe de l'existence d'hémicellulose, et la bande 1317-1267 cm^{-1} est attribuée à la vibration (C-O) des groupements méthoxy de la lignine. Une dernière bande de 1160-1057 cm^{-1} correspond aux vibrations de valence des liaisons C-O et C-O-C, 806 cm^{-1} est attribuée au groupement C-H de noyau aromatique de la lignine, tandis que le pic de longueur d'onde de 668 cm^{-1} correspond à la cellulose.

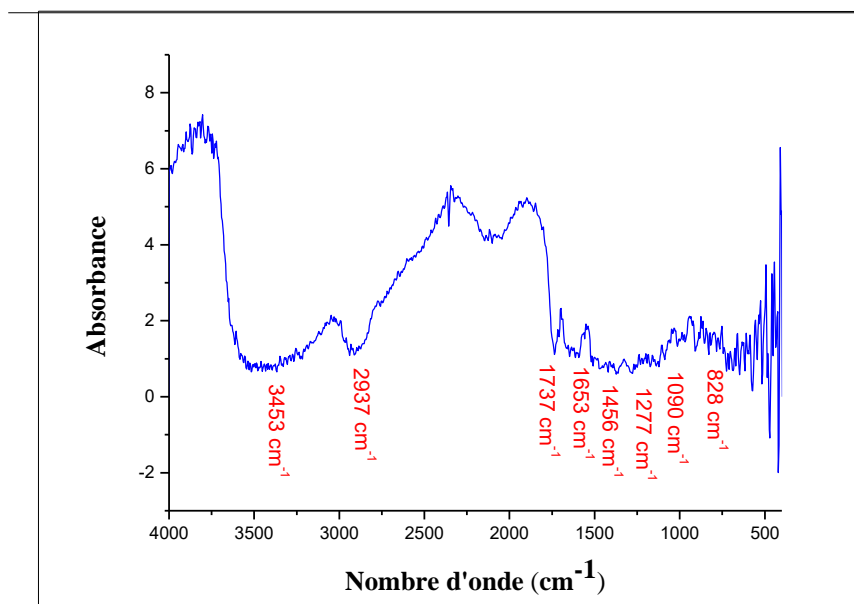


Figure III-35 : Spectre IR de la fibre vierge de bois rouge.

On observe une large bande à 3556 à 3210 cm^{-1} , qui est due principalement aux élongations des groupements OH caractéristiques des hémicelluloses et de la lignine, un pic 2937 cm^{-1} correspond aux élongations des groupes C-H dans la lignine, des groupements carbonyle C=O de longueur d'onde 1737 cm^{-1} traduit l'existence de l'acétyle et acide carboxyliques et/ou des esters, des xylanes présents dans les lignines et hémicelluloses, on observe également la présence d'un pic à 1653 cm^{-1} correspond à les élongations des cétones conjuguées, la bande 1512-1428 cm^{-1} est signe de l'existence d'hémicellulose, et la bande 1277 cm^{-1} est attribuée à la vibration C-O des groupements méthoxy de la lignine. Une bande de 1128-1016 cm^{-1} correspond aux vibrations de valence des liaisons C-O et C-O-C, une

dernière bande de 828cm^{-1} est attribuée au groupement C-H de noyau aromatique de la lignine.

III.6. Taux d'absorption

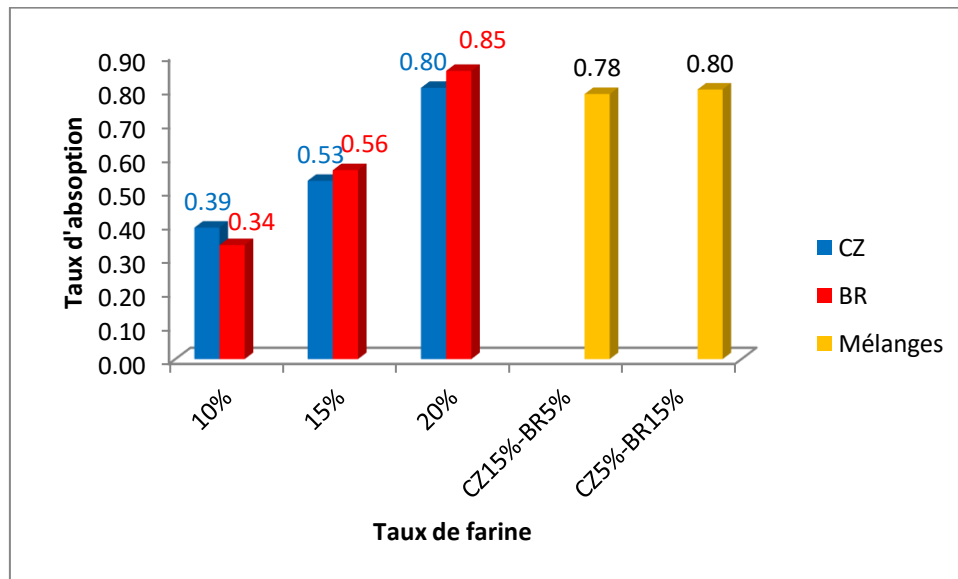
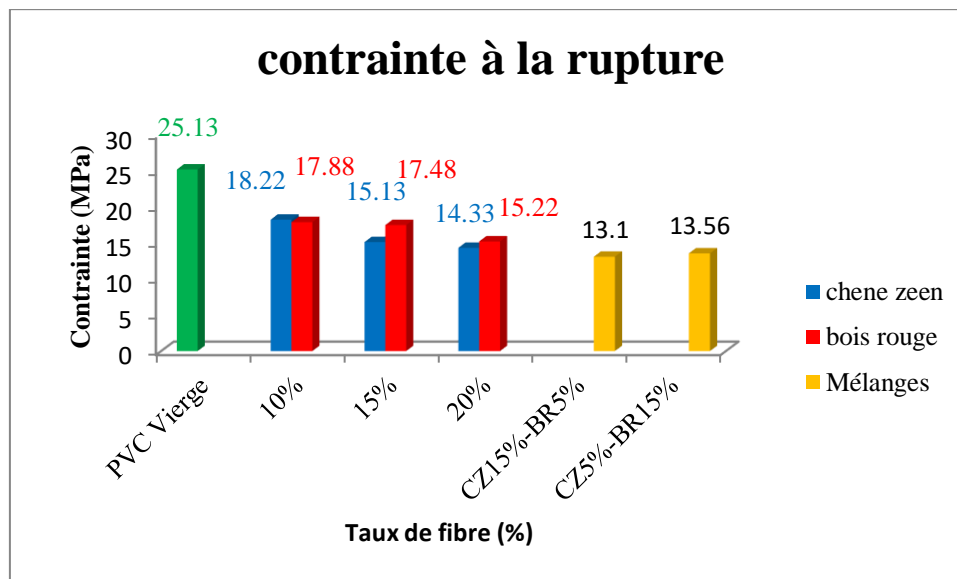


Figure III-36 : Histogramme de taux d'absorption en fonction de taux de farine.

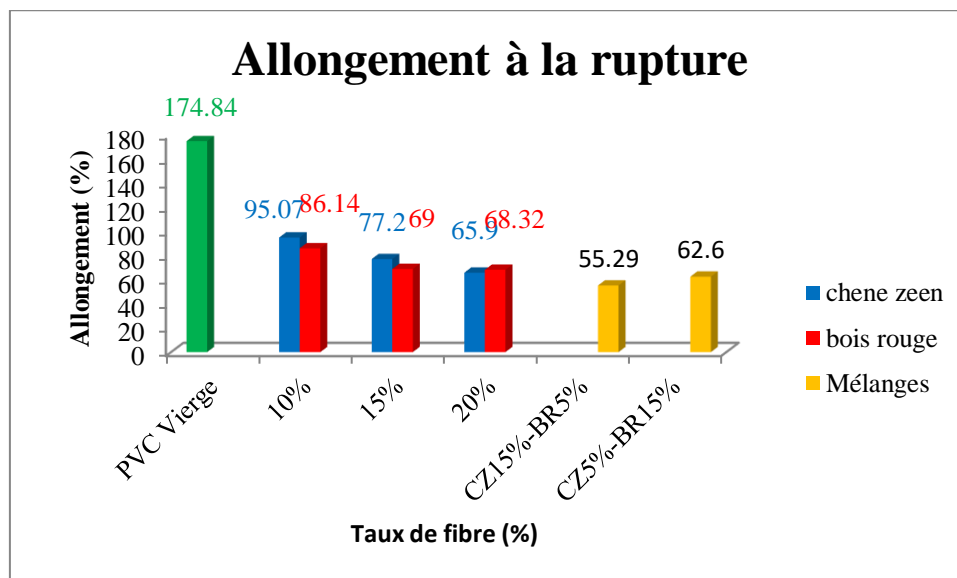
Les histogrammes de la figure III-36 représentent le taux d'absorption d'eau en fonction de la teneur de la fibre en bois de chêne zeen et bois rouge. Nous observons que cette propriété tend vers une augmentation proportionnelle aux taux de la fibre. Les composites qui contiennent 10% de la fibre absorbent moins d'eau que les échantillons avec 15 à 20 % parce que ces derniers contiennent une quantité importante du lignocellulose qui contribue à cette absorption. Donc la quantité d'eau absorbée est en corrélation avec le pourcentage de la farine du bois ajoutée.

Cette absorption est due au caractère hydrophile de la fibre et à la présence de porosité. En effet, les groupes hydroxyles sont présent dans l'hémicellulose et la cellulose, toutefois, comme cette dernière est cristalline, il serait plus aisé à l'eau de développer des liaisons par pont hydrogène avec les groupes hydroxyles de l'hémicellulose, rappelant que cette dernière est amorphe. Pour ce qui est de la porosité, il pourrait être responsable du phénomène de capillarité, ce qui fait augmenter aussi le taux d'absorption.

III.7. Propriétés d'attraction



**Figure III-37 : Histogramme des contraintes à la rupture des différents composites.
PVC/farine.**



**Figure III-38 : Histogramme des allongements à la rupture des différents composites
PVC/farine.**

Les histogrammes des figures III-37 et III-38 illustrent la contrainte et l'allongement à la rupture en fonction de taux de fibre. Les résultats obtenus montrent que les deux propriétés mécaniques déjà citées ont une tendance à diminuer en fonction du taux de la fibre. Cette diminution peut être expliquée par le fait que les fibres sont hydrophiles et le PVC est hydrophobe qui conduit à une absorption d'eau, puis une diminution des propriétés mécaniques d'autant plus que l'humidité joue un rôle de lubrifiant (plastifiant) entre les molécules de PVC et la surface des fibres, ceci résulte une incompatibilité due à ces deux

natures antagonistes. La mauvaise dispersion de la fibre dans la matrice polymère joue aussi un rôle. En effet, les fibres ont tendance à se regrouper et à s'agglomérer ce qui crée des hétérogénéités. Les fibres du bois de feuillus sont plus courtes, leur longueur dépassant rarement la moitié des résineux (résineux : $l=1,5-5$ mm, $\phi=20-50$ μm et feuillus : $l=0,6-1,6$ mm, $\phi=10-30$ μm), le pourcentage de fibre dans le bois détermine la densité, la dureté et la perméabilité aux gaz et aux liquide. Ceci explique que l'adhésion est plus importante pour le chêne zeen (feuillus) que dans le bois rouge (résineux).

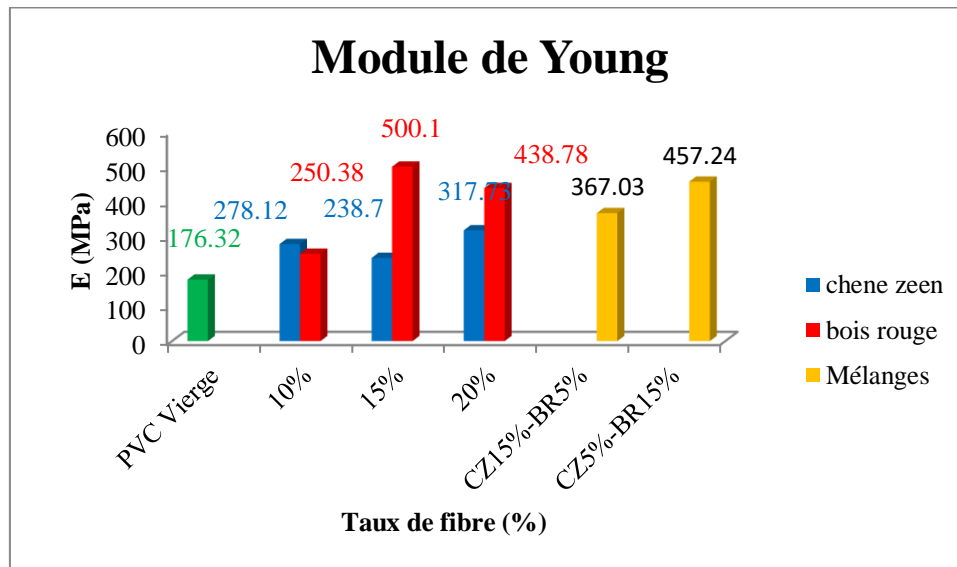


Figure III-39 : Histogramme du module de Young des différents composites PVC/farine.

L'histogramme de la figure III-39 illustre le module d'élasticité en fonction de taux de fibre. Les résultats obtenus montrent que le module de Young a une tendance à augmenter en fonction du taux de fibre, ce fait est attribué probablement à la bonne orientation de la fibre et la rigidité apportée par cette dernière au PVC. A noté que le module d'élasticité s'élève avec la quantité de la fibre ajoutée, on remarque aussi que cette amélioration est moins significative pour le chêne zeen comparé au bois rouge.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

Les matériaux composites sont de plus en plus utilisés dans le monde grâce à leurs faibles couts, leurs biodégradabilités et surtout disponibilités qui facilitent leurs mises en œuvre.

Cette étude constitue une contribution à la recherche de nouveau matériau originaire des ressources naturelles végétales abondantes, afin de lutter contre la pollution des plastiques d'une part et de valoriser nos ressources naturelles délaissées.

Le but principal de cette étude était de préparer des composites bois-plastique, afin d'exploiter deux charges de bois, le chêne zeen (qui se trouve en quantités importantes dans nos régions) et bois rouge (déchet de menuiserie) tout en profitant des caractéristiques et propriétés qui revêtent cette fibre naturelle mais aussi qui caractérisent le thermoplastique employé. Les fibres utilisées n'ont subi aucun traitement chimique, elles ont été ajoutées à différentes teneurs (10, 15 et 20%) pour un seul diamètre de 0,125mm pour déduire enfin que le composite élaboré avec un taux de 10% de la fibre végétale de chêne zeen donne le meilleurs propriétés mécaniques donc une voie prometteuse, ainsi le composé obtenu permet de profiter des propriétés très intéressantes que confèrent ces fibres, tout en obéissant aux exigences économiques et environnementales et en préservant le développement durable.

Perspectives et recommandations

Cette étude sur les matériaux composites peut servir comme un fondement pour des futures générations.

- En effet, une modification chimique de la fibre avec le NaOH , Silane ,l'acide acétique ou bien chlorure d'acétyle serait souhaitable pour un meilleures adhésion voire un greffage dans le PVC, afin d'obtenu un composite de meilleures propriétés mécaniques.
- Le composite obtenu sera soumis à un test de vieillissement dans le sol afin d'exploiter sa durabilité.
- Il est possible d'expérimenter la même farine de bois avec d'autres matrices polymère tels que PE, PP.
- Afin de classer la fibre de chêne zeen aux normes internationales une DTG, MEB et RMN serait souhaitable.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- [1] **ABIR, M.** Étude de la production et de la caractérisation de composites bois-plastiques. Mémoire de maîtrise en Génie Chimique. Québec. 2013. p10-83.
- [21] **ADEME. Hugues de Cherisey.** 2015. Etat de l'art sur la production de molécules chimiques issues du bois en France. Rapport. p7.
- [13] **Aldjia, B. Safia, N.** Elaboration et caractérisation d'un matériau composite à base de PVC et farine de bois de chêne zeen. Mémoire de magistère. Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou. Tizi-Ouzou. 2015. p8-11-20-21-22.
- [3] **AUGIER, L.** Etude de l'élaboration de matériaux composites PVC/bois à partir de déchets de menuiserie : formulation, caractérisation, durabilité et recyclabilité. Thèse doctorat de l'institut National Polytechnique de Toulouse. Toulouse. 2007. p17.
- [9] **BADEA1, A.GHEORGHE2, C, MĂRCULESCU3, C.APOSTOL4.** L'influence des Propriétés Physiques Du Bois Et Des Paramètres Du Processus Sur Les Produits De Pyrolyse. ISSN. 2008. p1454-234.
- [22] **Bengtsson, M. et Oksman, K.** The Use of Silane Technology in Crosslinking Polyethylene/Wood Flour Composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. Vol 37. 2006. p752-765.
- [17] **Bouhank, S.** Effet d'absorption d'eau sur le comportement mécanique des composites PP/farine cellulosique, Mémoire de Master. Faculté de Technologie, Département de Génie des Procédés. Université Ferhat Abbas Sétif. 2012. p63.
- [11] **BOUMERDASSI, K.** Elaboration Et Caractérisation D'un Composite Biodégradable A Matrice Thermoplastique Et Renfort Polysaccharide. Mémoire de magistère. Université M'hemed BOUGGARA DE BOUMERDES. Boumerdes. 2008.
- [18] **C.P.L. Chow, X.S. Xing et R.K.Y. Li.** Moisture absorption studies of sisal fibre reinforced polypropylene composites», Composites Science and Technology. Vol 67.2007. p306-313.
- [19] **CASTERA, P.** Comportement Physico-Mécanique des Matériaux Fibreux Cellulosiques Considérés Comme des Milieux Aléatoires. 2002.
- [20] **E.T.N. Bisanda et M.P. Ansell.** The Effect of Silane Treatment on the Mechanical And Physical Properties of Sisal-Epoxy Composites. Composites Science and Technology. Vol 41. 1991. p165-178.
- [2] **EL HADJI, B.** Nouveaux matériaux composites thermoformables à base de bres de cellulose. Institut National Polytechnique de Grenoble-INPG, 2008. p1-6-25-50-120.

Références bibliographiques

- [14] **Govin, A.** Aspect physico-chimique de l'interaction bois-ciment, modification de l'hydrations du ciment par le bois. Thèse doctorat. Ecole nationale supérieure des Mines des Saint Etienne : Génie des procédés. 2004. p202.
- [8] **HAMMICHE, A.** Contribution à l'étude anatomique de quelques espèces des familles des fagacées et salicacées. Thèse. Mag. I.N.A. El-Harrach, Alger. 1990. 121p.
- [23] **Ikhlef, S.** Etude du comportement de composites PEBD/farine de Genêt d'Espagne avant et après traitement. Mémoire De Magister. Département de Génie des Procédés, Université Ferhat Abbas Sétif. Algérie. 2011. p168.
- [12] **Malha, M.** Mise en œuvre, Caractérisation et Modélisation de Matériaux Composites : Polymère Thermoplastique Renforce par Des Fibres De Doum. Thèse de Doctorat. Faculté des Sciences Rabat, Université Mohammed V. Agdal. 2013. p151.
- [24] **Manorbois.** Bois Rouges. [02/07/2017]. <<https://www.manorbois.com/gamme-produits/bois/bois-rouges/>>.
- [26] **Messaoudene, M.** Etude dendrologique et productivité de *Q.canariensis* Willd et de *Q.afra* Pomel dans les massifs de l'Akfadou et de Beni Ghobri en Algérie. Thèse Doctorat. Université Aix Marseille III. 1989. p124.
- [7] **Mohammad Dalour Hossen Beg.** The Improvement of Interfacial Bonding, Weathering and Recycling of Wood Fibre Reinforced Polypropylene Composites; Thèse de doctorat, University of Waikato, Hamilton. New Zealand. 2007.
- [15] **Ragoubi, M.** Contribution à l'amélioration de la compatibilité interfaciale fibres naturelles/matrice thermoplastique via un traitement sous décharge couronne. Thèse de Doctorat. Université Henri Poincaré Nancy 1. France. 2010. p186.
- [4] **SEDAN, D.** Etude des interactions physico-chimiques aux interfaces fibres de chanvre/ciment. Influence sur les propriétés mécaniques du composite. Thèse de doctorat de l'université de Limoges. 2007. p24-6-25-50-120.
- [10] **SLAMA, I.** Caractéristiques physico-mécaniques des composites bois plastiques provenant de la valorisation des résidus des panneaux mdf- étude des possibilités de recyclage. Thèse de la maîtrise en ingénierie. Université du Québec à Chicoutimi. Québec. 2008. p3-6-14-28-1-38-70.
- [5] **TALEL, B.** Utilisation d'une méthode optique sans contact pour décrire le comportement mécanique de composites bois/plastique 'WPC'. Mémoire de doctorat de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour. 2011. p27.
- [6] **TINGAUT, PH.** Modification de la structure chimique du bois par des Alcoxysilanes diversement substitués. Thèse Doctorat. Université Bordeaux. 2006. 17-27p.
- [16] **V.C. Li, S. Wang et Backer, M.** Effect of Inclining Angle, Bunding and Surface Treatment on Synthetic Fiber Pull-out From a Cement Matrix. Composites. Vol. 21. 1990. p132-140.
- [25] **Vi Vi Do Thi.** Matériaux composites a fibres naturelles/polymère biodégradables ou non Alimentation et Nutrition. Université de Grenoble. Français. 2011. p50.

ANNEXE

Annexe

Annexe 01 : Essai de traction

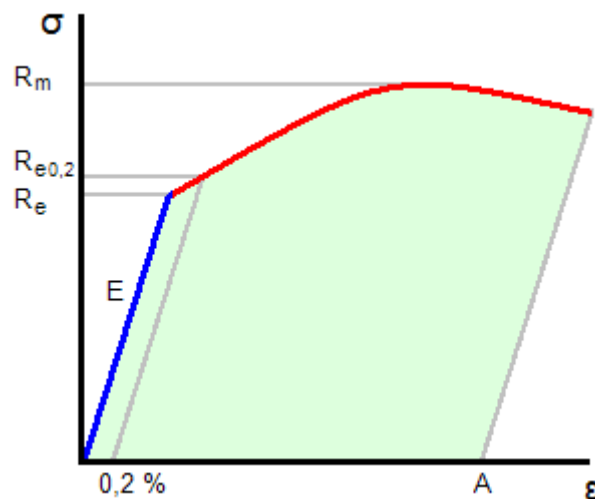
Un essai de traction est une expérience de physique qui permet de mesurer le degré de résistance à la rupture d'un matériau quelconque.

Cet essai ou expérience consiste à placer une petite éprouvette du matériau à étudier entre les mâchoires d'une machine de traction qui tire sur la barre jusqu'à sa rupture.

On enregistre l'allongement et la force appliquée, que l'on convertit ensuite en l'allongement et la force appliquée, que l'on convertit ensuite en déformation et contrainte.

L'essai de traction donne des valeurs importantes :

- le module de Young E , ou module d'élasticité longitudinale.
- la limite d'élasticité R_e (Réversible).
- la limite à la rupture R_m .
- l'allongement à la rupture A , qui mesure la capacité d'un matériau à s'allonger sous charge avant sa rupture.
- Rupture du matériau au point B.
- OD : Régime élastique.
- DC : Déformation plastique.
- CB : Réduction localisée de la section S_0 .

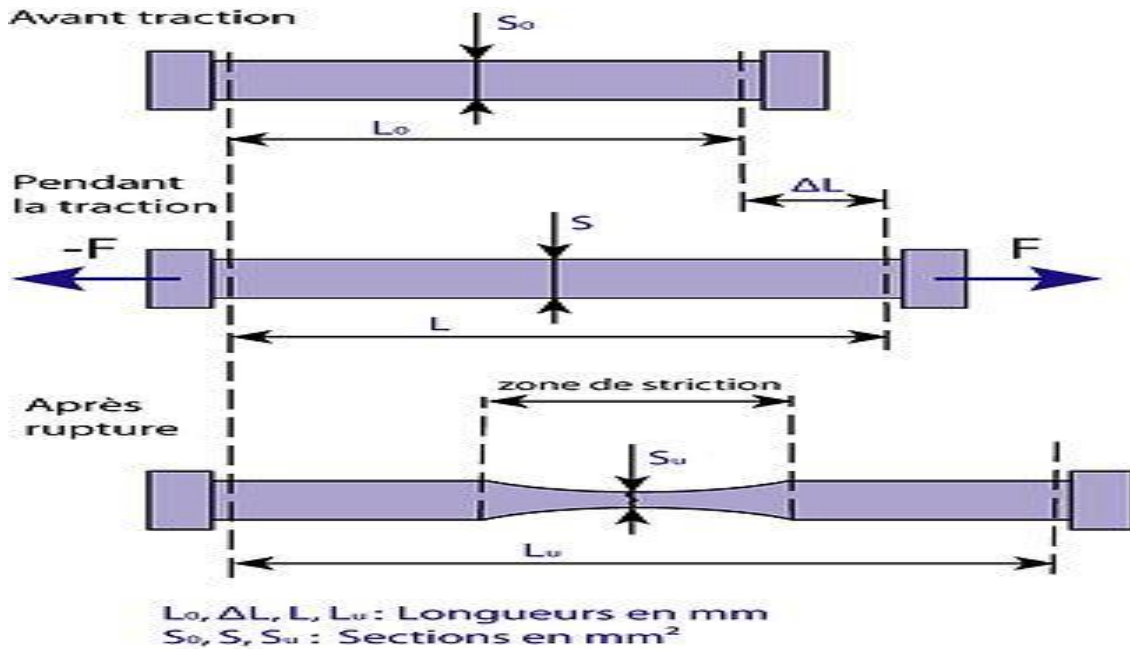


Graph de test de traction

Annexe

Allongement à la rupture

L'allongement à la rupture est une caractéristique sans dimension des matériaux. Elle définit la capacité d'un matériau à s'allonger avant de rompre lorsqu'il est sollicité en traction.



Évolution d'une barre soumise à un essai de traction

Avec :

L_0 : la longueur initiale, longueur de la barre avant le début de l'essai de traction.

L_u : longueur de la barre juste avant la rupture.

Annexe 02 : Module d'Young

Le module d'Young ou module d'élasticité est la constante qui relie la contrainte de traction et la déformation pour un matériau élastique isotrope.

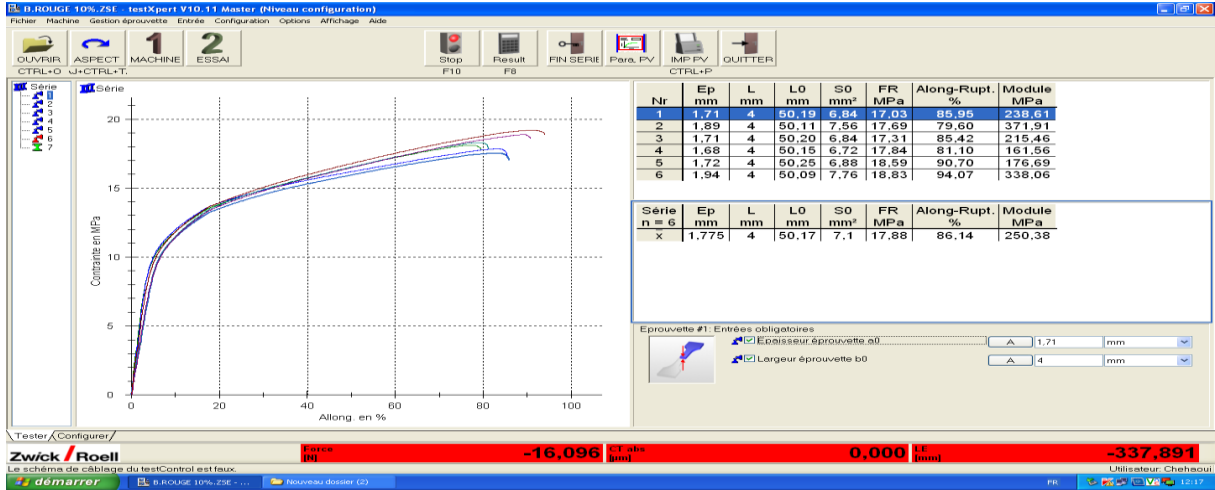
Le module d'Young est la contrainte mécanique qui engendrerait un allongement de 100 % de la longueur initiale d'un matériau (il doublerait donc de longueur), si l'on pouvait l'appliquer réellement : dans les faits, le matériau se déforme de façon permanente, ou se rompt, bien avant que cette valeur soit atteinte

- E : module d'YOUNG ou module d'élasticité longitudinale (GPa).
- Le module d'YOUNG caractérise la raideur du matériau :
- E élevé : matériau rigide ;
- E faible : matériau souple.

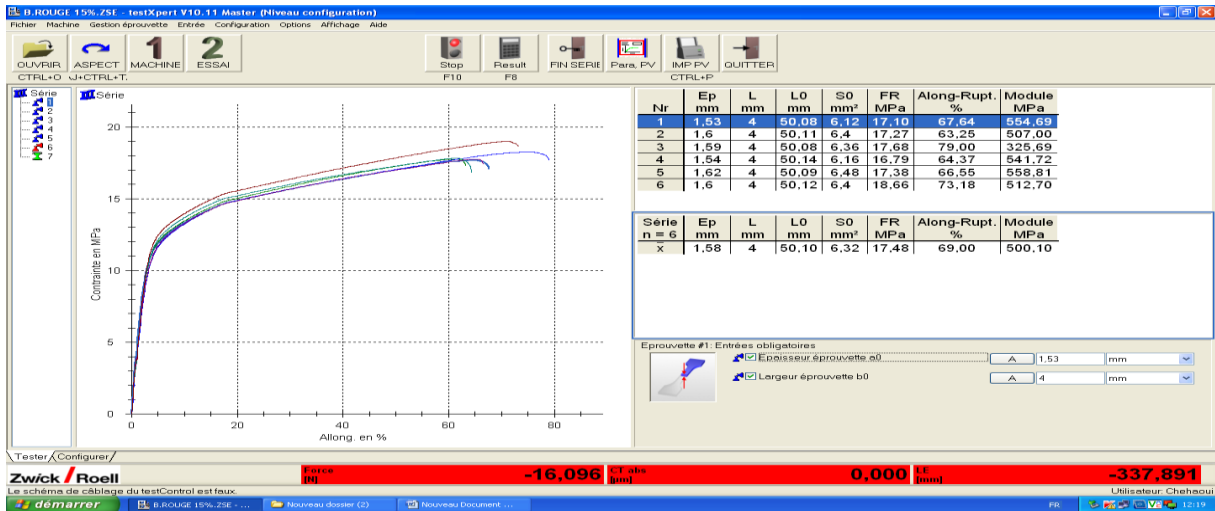
Annexe

Annexe 03 : Les graphes et tableaux suivants montrent les résultats obtenus lors d'essai de traction à l'entreprise CATEL

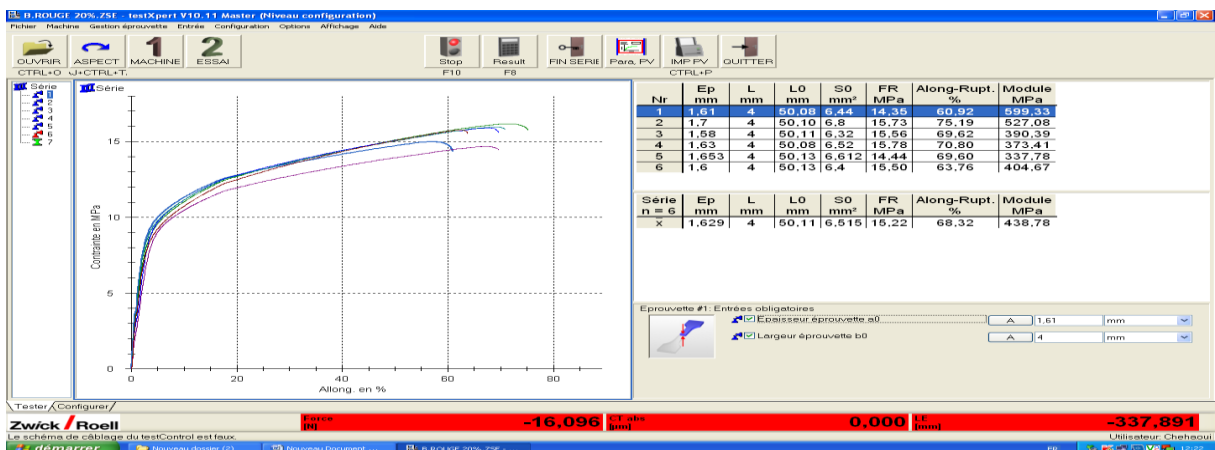
➤ Epreuve à 10% de charge de Bois Rouge.



➤ Epreuve à 15% de charge de Bois Rouge.

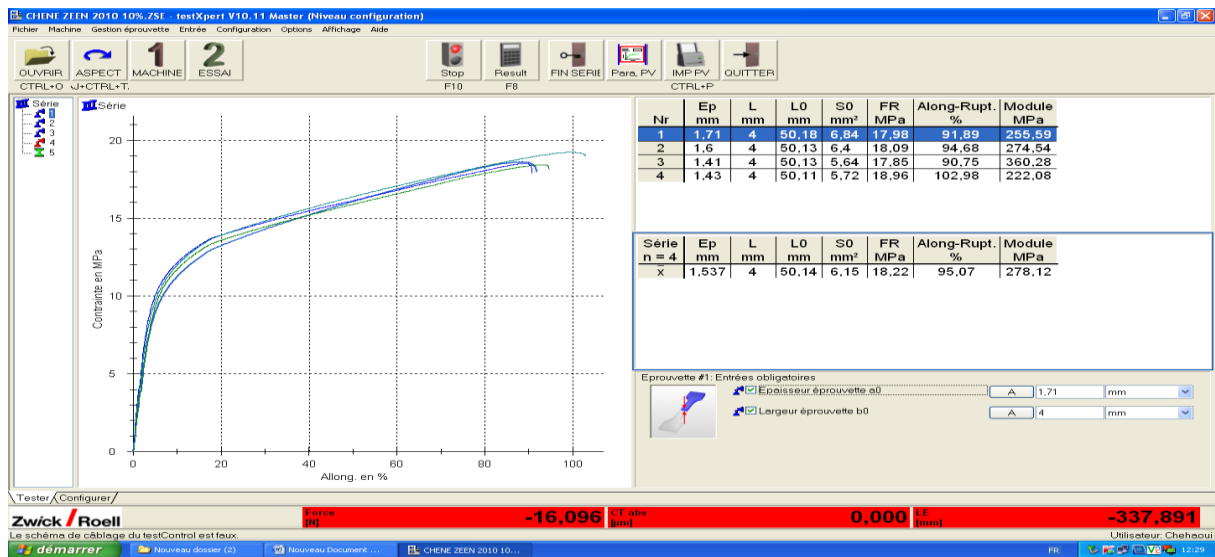


➤ Epreuve à 20% de charge de Bois Rouge.

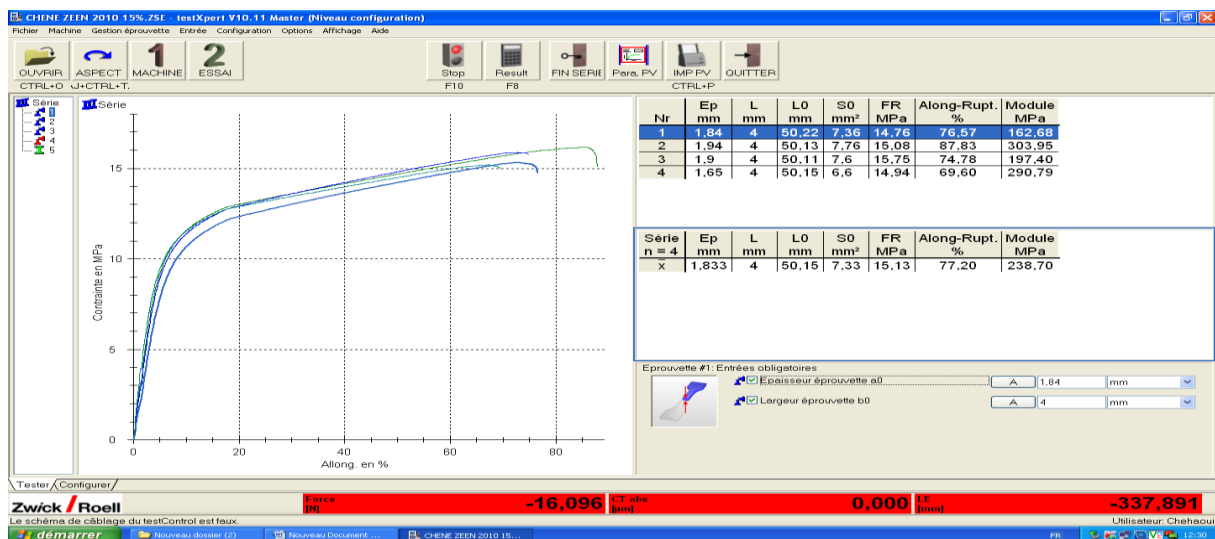


Annexe

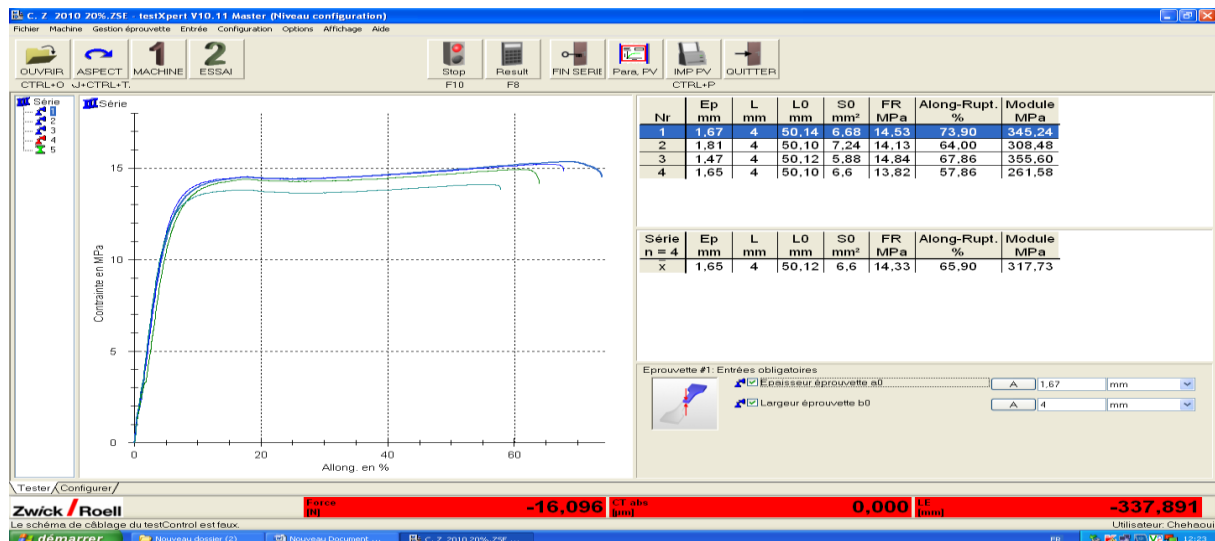
➤ Epreuve à 10% de charge de Chêne Zeen.



➤ Epreuve à 15% de charge de Chêne Zeen.

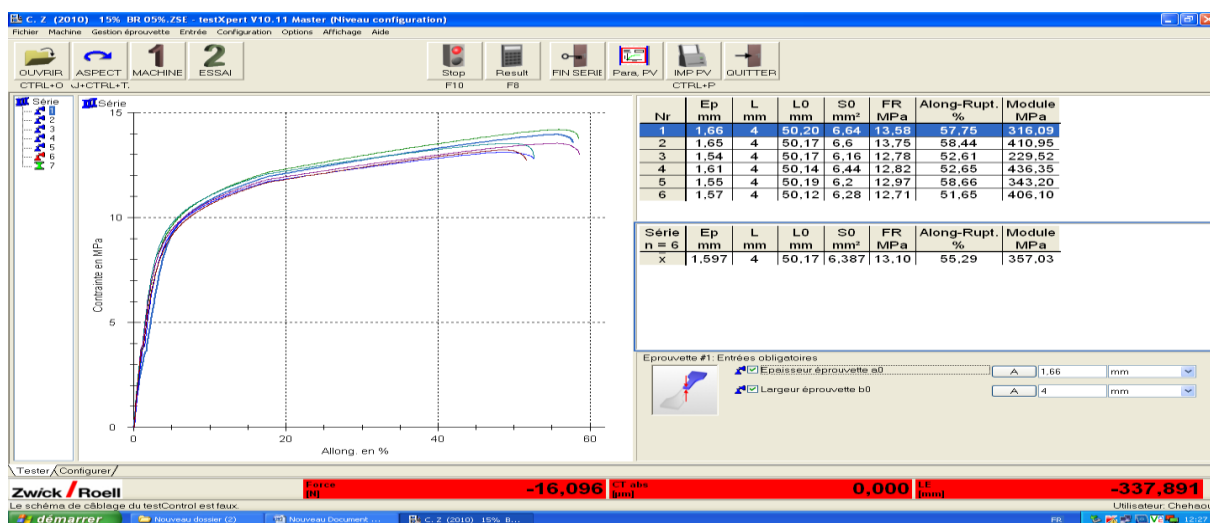


➤ Epreuve à 20% de charge de Chêne Zeen.

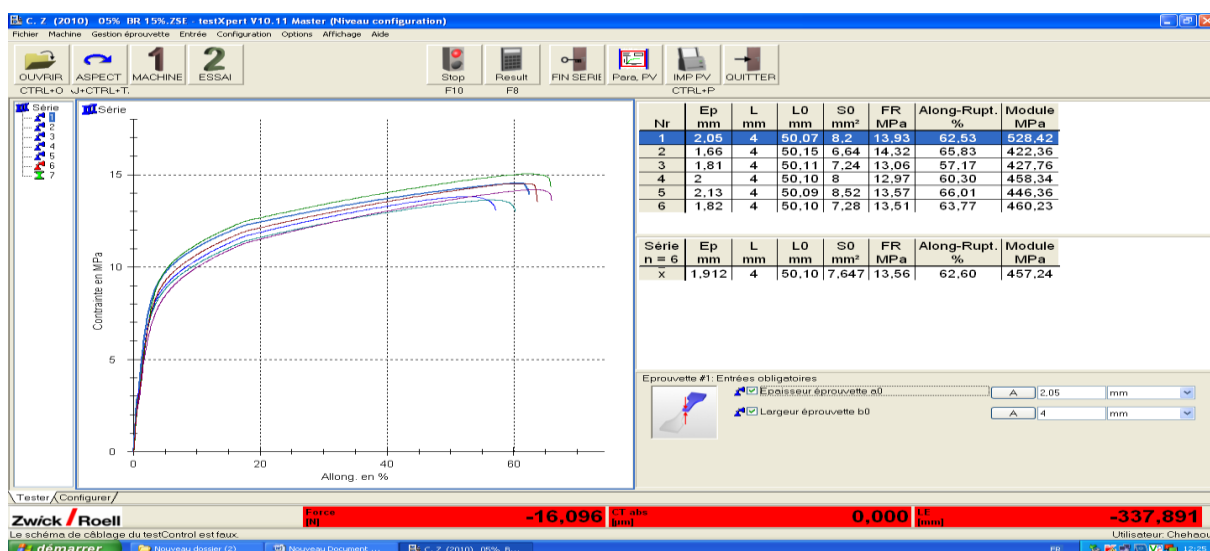


Annexe

➤ Epreuve à 20% de charge (15% de Chêne Zeen et 5% de Bois Rouge).



➤ Epreuve à 20% de charge (5% de Chêne Zeen et 15% de Bois Rouge).



Annexe 04 : le tableau suivant donne les résultats obtenus lors du test de taux d'humidité.

Tableau 01 : Résultats des pesées des échantillons avant et après le test de taux d'humidité.

Echantillons	Creuset vide (g)	Creuset + m ₀ (g)	Creuset + reste du bois (g)
Chêne Zeen	13,2897	15,2942	15,1583
Bois Rouge	11,1609	13,1518	13,0174

Annexe

Annexe 05 : le tableau suivant donne les résultats obtenus lors du test de taux cendre.

Tableau 02 : Résultats des pesées des échantillons avant et après le test de taux cendre.

Echantillons	Creuset vide (g)	Creuset + m_0 (g)	Creuset + cendre (g)
Chêne Zeen	11,1663	13,1623	11,1748
Bois Rouge	13,2953	15,2949	13,3059

Annexe 06 : Le tableau suivant donne les valeurs obtenues lors du test d'absorption des plaques.

Tableau 03 : Résultats de teste d'absorption.

Taux de la fibre	m_0 (g)	m_f (g)	Taux d'absorption (%)
CZ 10%	5,0965	5,1163	0,39
CZ 15%	6,7160	6,7514	0,53
CZ 20%	5,9038	5,9512	0,80
BR 10%	5,6672	5,6863	0,34
BR 15%	5,4589	5,4894	0,56
BR 20%	6,7521	6,8097	0,85
CZ15%-BR5%	5,7108	5,7556	0,78
CZ5%-BR15%	6,7547	6,8086	0,80

Annexe 07 : Le tableau suivant donne les résultats des absorbances des échantillons de polyphénol.

Tableau 04 : résultats des absorbances des échantillons de polyphénol.

	Essai	Absorbance (nm)	Moyenne
	A	0,640	
	B	0,566	

Annexe

Chêne Zeen	C	0,461	0,575
	D	0,632	
Bois Rouge	A	0,339	0,271
	B	0,313	
	C	0,202	
	D	0,231	
Ecorce	A	0,625	0,844
	B	0,953	
	C	0,732	
	D	1,067	

Annexe 08 : Le tableau suivant donne les résultats des absorbances des solutions filles d'acide gallique.

Tableau 05 : Résultats des absorbances des solutions filles de l'acide gallique.

C (g/l)	0,06	0,12	0,20	0,28
Absorbance	0,001	0,003	0,006	0,009

Résumé

L'objectif de ce travail est d'élaborer et de caractériser un matériau composite à matrice PVC et à charge d'origine végétale, farine de chêne zeen et bois rouge. Cette dernière est obtenue par broyage de la sciure des bois et tamisage à une granulométrie de 0,125mm. Les échantillons sont préparés avec différents techniques et appareils, avec un simple mélangeur, ensuite moulés par compression. Utilisant des teneurs en bois allant jusqu'à 20% en poids afin de préparer le composite. L'optimisation des paramètres opératoires tels que le test d'absorption d'eau, le taux de cendres, les tests de traction, l'analyse IRTF et ATG ont été effectuées. Les résultats ont montré que le composite élaboré de fibre de 10% donne de meilleures propriétés mécaniques. Enfin, on déduit que l'ajout du bois améliore considérablement les caractéristiques mécaniques de ces composites.

Mots clef : composite, élaborer, bois, caractériser, fibre, propriétés mécaniques.

Abstract

The aim of this work is to develop and characterize a PVC-matrix composite material with a vegetable origin, zeen oak flour and red wood. The latter is obtained by grinding the sawdust and sieving to a particle size of 0.125 mm. The samples are prepared with various techniques and apparatus, with a simple mixer, and then compression molded. Using wood up to 20% by weight in order to prepare the composite. The optimization of the operating parameters such as the water absorption test, the ash rate, the tensile tests, the FTIR and the TGA analysis were carried out. The results showed that the elaborate fiber composite of 10% gives better mechanical properties. Finally, it can be deduced that the addition of wood greatly improves the mechanical properties of these composites.

Keywords: composite, elaborate, wood, characterize, fiber, mechanical properties.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو تطوير وتوصيف المواد المركبة مصفوفة بولي كلوريد الفينيل مع أصل نباتي، والدقيق الزين البلوط والخشب الأحمر. يتم الحصول على هذا الأخير عن طريق طحن نشارة الخشب والنخل إلى حجم الجسيمات من 0.125 ملم. يتم إعداد العينات مع مختلف التقنيات والأجهزة، مع خلاط بسيط، ومن ثم ضغط مصبوب. باستخدام محتويات الخشب تصل إلى 20% بالوزن من أجل إعداد المركب. وقد تم إجراء التحسين الأمثل لمعاملات التشغيل مثل اختبار امتصاص الماء، ومعدل الرماد، واختبارات الشد، و IRTF، وتحليل ATG. وأظهرت النتائج أن مركب الألياف المعقد بنسبة 10% يعطي خواص ميكانيكية أفضل. وأخيراً، يمكن استنتاج أن إضافة الخشب يحسن إلى حد كبير من الخصائص الميكانيكية لهذه المركبات.

الكلمات المفتاحية : مركب، وضع، الخشب، تميز، الألياف، الخواص الميكانيكية.