

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
Filière : Chimie

MEMOIRE DE MASTER

SPECIALITE : CHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

THEME

**Valorisation des déchets de menuiserie en vue
d'élaboration d'un matériau composite**

*Présenté par : BELAIDI
OUAFI*

*Hamida
Nadia*

Soutenu publiquement, le

10 / 10 / 2017,

devant le Jury composé de :

Mr KADOU CHE SLIMANE

MCA

Président

Mr HALEM NACER

PROFESSEUR

Examineur

Mr RAHMOUN Md.A

MCB

Co-promoteur

Mr LATEB YACINE

MAA

Examineur

M^{eme} LOUNIS DALILA

MAA

Promotrice

REMERCIEMENTS

En premier lieu, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné le courage, la volonté et la patience afin de mener ce modeste travail à terme.

Nous tenons à adresser nos vifs remerciements à notre promotrice Mm.D.LounietMr.Rahmoune pour leurs orientations et précieux conseils tout le long de notre travail.

Nous tenons également à remercier tous les enseignants ayant contribué à notre formation et ce depuis le tronc commun jusqu'à la dernière année de graduation, ainsi que la société CABEL et la société CATEL pour leurs accueil et leurs soutien.

Enfin, nous remercions les membres du jury qui ont accepté d'évaluer notre modeste travail et qui nous feront l'honneur de juger et enrichir notre travail par leurs propositions.

OUAFI ET BELAIDI

DEDICACES

DEDICACES

Je dédie ce modeste mémoire :

*Aux êtres les plus chères et plus proches qui symbolisent le courage et la tendresse, ma
chère mère Malika, et mon cher père Arab.*

A mes frères : hacene, samir et Hakim

A mes sœurs : Dalila ; Hassina ; Zahia

A mes chères cousines : Samia ; Lydia, Sarah ; Fatima ; Dihia

A mon binôme Nadia, en souvenir des moments agréables passés ensemble

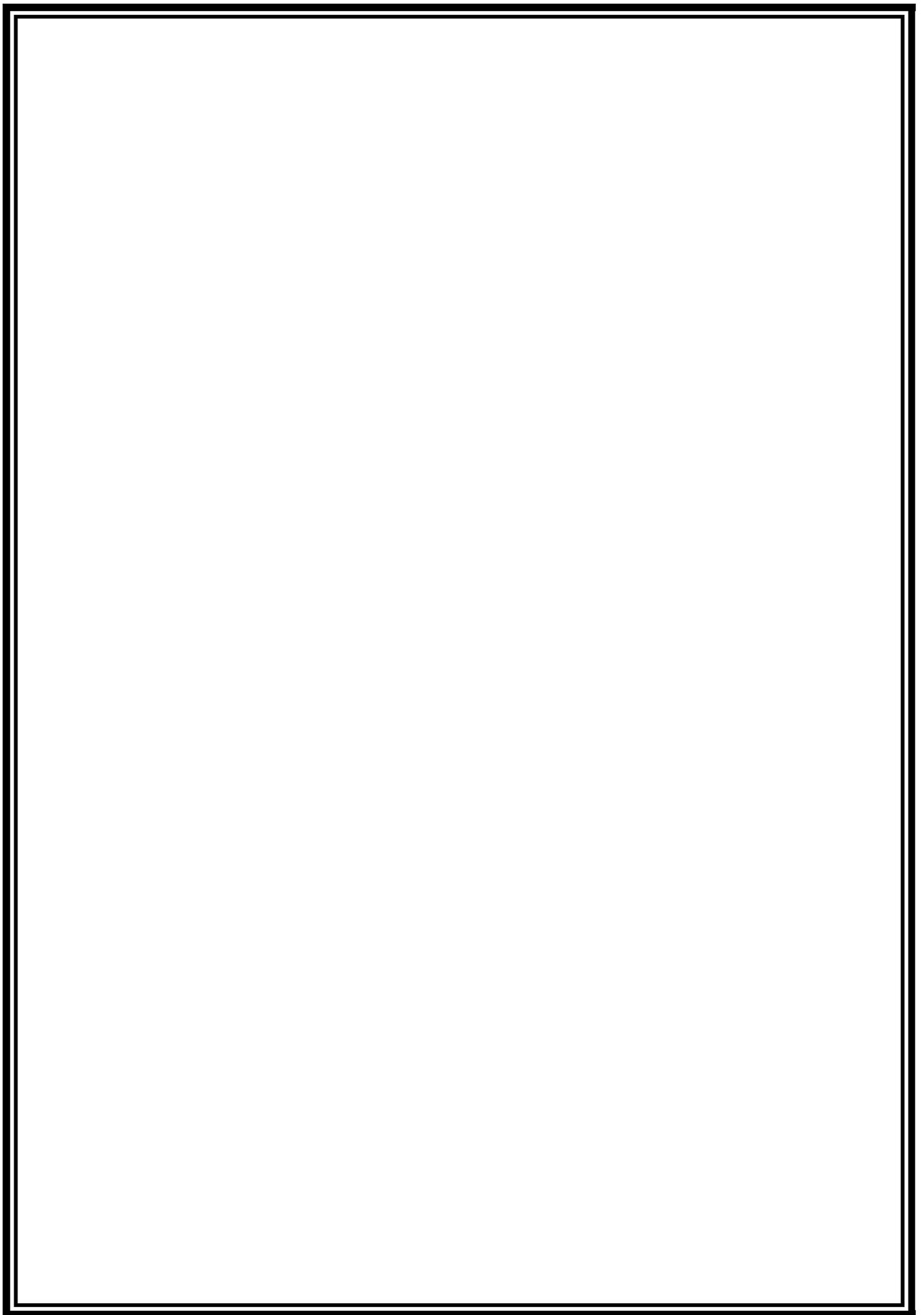
A mes chères amies : Nawel ; fahima ; Celia ; taous ; lila ; Amel ; kamilia ; Lilia ;

Ghania ; Sarah ; Nadia ; Lynda ; Drifa ; Faroudja et tous les étudiants M2

Environnement.

A toutes la famille BELAIDI.

B.HAMIDA



Dédicaces

Dédicaces

A ma très chère maman, dont l'amour, la patience, l'encouragement et les prières sont la source de ma réussite, qui a été à mes côtés et ma soutenu durant toute ma vie, a la mémoire de mon père que j'aurais bien aimé qu'il soit parmi nous.

Merci infiniment.

A mon mari que j'aime infiniment et je le remercie pour sa présence, son aide, et pour son amour pour moi.

A mes chères sœurs, Sihem, Sadia, Naima, Kahina

A mes frères Ahmed, Youcef et Mouloud

A ma chère amie et binôme, BELAIDI Hamida.

A ma belle-famille, Nacera, Said, Sihem

A mes neveux Mohamed, Said, Mayas, Yanis, le petit Ouafi Saïd et ma nièce Amoula

A tous ceux que j'aime et qui font partie de ma vie.

A mon cher MOUMOUH

A toute ma famille

A toute la promotion chimie de l'environnement 2017

O.NADIA

Tables des matières

Liste des tableaux

Liste des figures

Abréviations

Introduction générale 1

Chapitre I : Présentation des matériaux utilisés.

Partie I : présentation du bois.

I.1. Le bois 3

I.1.1. Chêne zeen 3

I.1.2. Pin sylvestre (bois rouge) 4

I.3. Composition chimique du bois 4

I.3.1. La cellulose 5

I.3.2. la lignine 6

I.3.3. l'hémicellulose 7

I.3.4. Les pectines 7

I.3.5. Extractibles 8

I.3.6. Les cendre 8

I.4. Présentation de la fibre végétale 8

I.4.1. Définition de la fibre végétale 8

I.4.2. Structure des fibres naturelles végétales 9

Partie II : Présentation du PVC

I.5. Polychlorure de vinyle (PVC) 10

I.5.1. Présentation du PVC 10

I.6.Caractéristiques	10
I.6.1 Propriétés physiques.....	10
I.6.2 Propriétés physico-chimiques	11

Chapitre II : matériaux composites

Introduction	12
II.1.Matériau composite	12
II.1.1. Définition d'un matériau composite.....	12
II.1.2. La matrice.....	13
II.2. Type de matériaux composites	13
II.2.1. Composites à grande diffusion	13
II.2.2. Composites hautes performances.....	13
II.3. Caractéristiques des matériaux composites.....	14
II.4. Application des composites à base des fibres végétales.....	15
II.5. Avantages et inconvénients des composites	15
II.6. Facteurs influents sur les propriétés des matériaux composites.....	15
II.6.1. Dispersion et l'orientation de fibre	15
II.6.2. Adhésion fibre-matrice.....	16
II.6.3. L'effet de l'humidité	16
II.6.4. Amélioration de la compatibilité charge- matrice	16
II.7. Techniques de fabrication des composites.....	16
II.7.1. Techniques plasturgistes	17
➤ Extrusion.....	17
➤ Compression.....	17

Chapitre III : Matériels et méthodes

III. Matériaux végétales9	18
III.1-Obtention de la farine du bois	18
III.1.1-Broyage.....	18
III.1.2- Tamisage	19
III.2-Elaboration des composites PVC/fibre	19
III.2.1-Matériaux utilisées	19
• la résine PVC.....	19
• stabilisant thermique	20
• Lubrifiant	20
• Plastifiants	20
III.2-Préparation d'un mélange matrice /fibre	21
III.3- Préparation des éprouvettes type	24
III.4- La caractérisation.....	25
III.4.1-la caractérisation physique de la fibre.....	25
III.4.1.1- L'essai spectrométrique (Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier(IRTF))	25
III.4.1.2.L'analyse thermogravimétrique (ATG).....	25
III.5. Détermination du taux d'humidité.....	26
III.6-Détermination du taux de cendres	27
IV.2- Caractérisation chimique de la fibre	28
IV.2.1- Dosage des polyphénols totaux	28
➤ L'extraction	28

➤ Le dosage	29
III.6.1. Analyse chimique du composite fibre/PVC	30
III.6.1.1. Détermination du taux d'absorption	30
III.6.2. Essais mécaniques	31
III.6.2.1 Test de Traction	31
➤ Module d'élasticité.....	32
➤ Contrainte à la rupture.....	32
➤ Allongement à la rupture	33

Chapitre IV : Résultats et discussions

IV-1 Détermination de la teneur en humidité	33
IV.2-Détermination de teneur en cendre	33
IV.3-Détermination de taux de phénols par spectroscopie UV	34
IV.4. Analyse ATG.....	35
IV.6-Analyse PAR IRTF	36
IV.7- La caractérisation du composite	38
IV.7.1-Détermination du taux d'absorption d'eau des plaques	38
IV.8- Propriétés mécaniques	39
IV.8.1. Contraintes et allongements à la rupture	40
IV.8.2-Module de Young.....	42

Conclusion générale	44
----------------------------------	----

Références bibliographiques

Annexes

Liste des figures

Chapitre I

Fig I. 1 : Arbre de chêne zeen.....	3
Fig I. 2 : Arbre du pin sylvestre (bois rouge).....	4
Fig I. 3 : Représentation schématique de la composition chimique simplifiées du bois	5
Fig I. 4 : La représentation de la molécule de cellulose.	5
Fig I.5 : Ponts hydrogènes intramoléculaires et intermoléculaires entre deux macromolécules adjacentes de cellulose.....	6
Fig I.6 : Précurseurs de la biosynthèse de la lignine.	6
Fig I.7 : La Composition Chimique de l’Hemicellulose	7
Fig I.8 : (a) Le réseau de pectine, (b) L’interaction de calcium avec la pectine	8
Fig I.9 : La composition d’une fibre végétale.	9

Chapitre II

FigII.10 : Schéma illustratif d’un matériau composite.	12
---	----

Chapitre III

FigIII.11 : Les différents types du bois utilisés	19
FigIII.12 : Broyeur de marque «SEB»	19
Fig III.13 : Le tamis de marque RETSCH.....	20
Fig III.14 : Formule chimique du DOP	21
Fig III.15 : (a)- L’ajout de DOP dans la résine. (b)- Le mélange du compound	22
Fig III.16 : Schéma des quantités du bois utilisés dans les plaques	22
Fig III.17 : Schéma des quantités du bois utilisés dans les mélanges	23
Fig III.18 : Mélangeur à cylindres de SCUYER de type A 80	23
Fig III.19 : Presse de marque FUNDJINE MODEL TP 400.....	24
Fig III.20: Model de plaques obtenues	24
Fig III.21 : Appareil mécanique des éprouvettes de type H	25
Fig III.22 : Echantillons du bois.....	26

Fig III.23 : Echantillons du bois avant étuvage	27
Fig III.24 : Echantillons dans un Four à moufle	27
FigIII.25 : Agitation des solutions.....	28
Fig III.26 : Le filtrat dans des tubes a essais.....	29
Fig III.27 : Les tubes à essai dans le bain-marie	30
Fig III.28 : Les Solutions filles en acide gallique	31
Fig III.29 : Les plaques pesées et immergées dans l'eau distillée	31
Fig.III.30 : Echantillons après immersions	31
Fig III.31 : Machine d'essai de traction de marque ZWICK de type BTC-F2.5TN.D09	31
Fig III.32 : (a)- Eprouvette avant le test de traction et (b)- éprouvette après le test de traction	32

Chapitre IV

Fig IV.33 : Courbe d'étalonnage	33
Fig IV.34 : Les valeurs moyennes des phénols totaux.....	33
Fig IV.35 : Analyse thermogravimétriques de la farine du bois blanc(A) et bois rouge(B)	34
Fig IV.36 : Analyse thermogravimétriques de la farine du chêne	34
Fig IV.37 Spectres IR de la fibre de BB(A) et BR(B).....	35
Fig IV.38 : Spectre IR de fibre de chêne zeen.....	36
Fig IV.39: Taux d'absorption d'eau de mélanges en fonction de teneur en charge.....	37
Fig IV.40 : Taux d'absorption d'eau des composites en fonction de teneur en charge ...	37
Fig IV.41 Allongement à la rupture des différentes formulations du composite	38
Fig IV.42 : Contrainte à la rupture des différentes formulations du composite	39
Fig IV.43 : Contrainte à la rupture des différents mélanges.....	40
Fig IV.44 : Allongement à la rupture des différents mélanges.....	40
Fig IV.45 : Module de Young de différentes composites (mélange sec)	41

Fig IV.46 : Module de Young des différentes composites (mélange).....41

Liste des tableaux

Tableau I: Propriétés du PVC	11
Tableau II: Avantages et inconvénients des composites.....	15
Tableau III: Valeurs moyennes de taux d'humidité.....	33
Tableau I : Les valeurs moyennes de teneurs en cendre.....	33
Tableau V: Valeurs moyennes de taux d'absorption.....	38

Liste des abréviations

A.G :Acide Gallique

ATG :Analyse Thermogravimétrique

BB : Bois Blanc

BR : Bois Rouge

CZ : Chêne zeen

Cm : Centimètre

CO₂ : Dioxyde de Carbone

°C : Degré Celsius

DOP : Dioctyle phatalate

F.C : Folin-Ciocalteu

Fe₂O₃:Oxyde de Fer

g/cm : Gramme par Centimètre

g/cm³: Gramme par Centimètre cube

g/l: Gramme par Litre

H : Heure

IRFT: Infra Rouge à Transformation de Fourier

K₂O : Oxyde de Potassium

Kcal/kg : Kilocalorie par Kilogramme

Kg/m³: Kilogramme par Mètre cube

mg/g: Milligramme par Gramme

min : Minute

MPa: Miga Pascal

µm : Micromètre

Na₂O: Oxyde de Sodium

nm: Nanomètre

Liste des abréviations

PA: Polyamide

PAV : Poly acétates de Vinyle

PC : Polycarbonates

P.c.r : Partie par Centaine de Résine

PE : Polyéthylène

PP : polypropylène

P₂O₅:Oxyde de Phosphore

R.C : Roseau commun

SO₃:Oxyde de Sulfure

SiO₂:Oxyde de Silicium

T:Température

Tf : Température de Fusion

Tg :Température de Transition Vitreuse

UV:Ultra Violet

WPC : Wood Plastique Composite

Zn : Zinc

INTRODUCTION GENERALE

Le développement et les changements rapides des produits, des pratiques technologiques et industrielles sont accompagnés par de nouvelles générations de matériaux. Parmi ces matériaux, les composites ne cessent d'évoluer vers des produits qui sont, soit le moins coûteux possible, soit le plus performant, ou bien les deux à la fois. De plus, dans un souci de protection de l'environnement et de santé publique, les composites tendent à intégrer un caractère écologique (ex : matières recyclées ou biodégradables).

L'utilisation du bois, au sens large des matériaux cellulosiques, dans la conception des matériaux composites permet d'associer un matériau résistant, léger, abondant, non abrasif, structuré et à faible coût avec de nombreux matériaux tels que les métaux, les plastiques, les fibres synthétiques et les bétons. Ces associations peuvent prendre diverses formes que ce soit des mélanges, des stratifiés ou autres produits d'ingénierie [1].

Les matériaux d'ingénierie à base de bois (EWP : Engineering Wood Product) sont très largement utilisés et font l'objet d'un développement constant depuis de nombreuses années. Il s'agit de produits comme les lamellés collés, les poutres en I, le LVL ainsi que tous les panneaux à base de bois que sont les agglomérés, les contre-plaqués, les panneaux de fibres de densité moyenne, les panneaux gaufrés, etc. L'idée essentielle de cette approche étant de s'affranchir de certains défauts du bois, comme sa forte variabilité, par la reconstitution de produits via l'usage d'adhésifs spécifiques à chaque type de produits réalisés. Un produit comme le lamellé collé permet en effet d'obtenir des pièces structurales de grandes dimensions et possédant des caractéristiques modulables (forme, mise en œuvre etc.). En ce qui concerne les panneaux reconstitués à base de bois que cela soit des fibres, copeaux ou autres, ils permettent l'exploitation de bois impropre au sciage et la fabrication de produits de qualité constante répondant, selon les besoins, à des caractéristiques spécifiques (usage structural, usage décoratif, ameublement, etc.)[2].

La fabrication des composites à matrice polymère renforcée par des fibres cellulosiques diffère selon l'usage du composite produit. Il existe deux principaux modes de fabrication pour ces composites : les techniques de type plasturgiste et les techniques de conformation puis consolidation d'un matelas fibreux. Ces deux modes bien qu'ils recouvrent plusieurs techniques sont pour le premier, principalement, un usage du bois comme charge et pour le second des pratiques de l'industrie du bois qui permettent des fractions massiques de bois très importantes (allant jusqu'à 95% comme dans les panneaux structuraux).

INTRODUCTION GENERALE

L'objectif général de notre travail est de valoriser les déchets de menuiseries en vue d'élaboration d'un matériau composite à base de PVC et de la farine de ces trois charges végétales (bois chêne zéen(2015) ; bois rouge ; bois blanc), ensuite les caractériser par les propriétés physiques (absorption d'eau et taux de cendres) et des tests mécaniques de traction (allongement et contrainte à la rupture, module d'Yong), les tests structuraux (IR, MEB).

Dans ce contexte, ce manuscrit s'articule autour de quatre chapitres :

- Le premier chapitre, se focalise sur la présentation des matériaux utilisés tel que(le bois, PVC) ; ainsi que leurs caractéristiques physiques et chimiques.

- Le second chapitre sera axe sur la présentation du matériau composite a fibre végétale ainsi que ses diffèrent caractéristique et propriétés et domaine d'utilisation.

- Le troisième chapitre de ce rapport on parlera du matériels utilises et des différentes méthodes expérimentales.

- Le quatrième chapitre sera consacré à la discussion des résultats obtenus.

Notre travail se termine avec une conclusion.

CHAPITRE I
Présentation des matériaux
utilisés

I.1. Le bois

Le bois est le matériau obtenu à partir du tronc et des branches des arbres. Il possède des propriétés chimiques et mécaniques remarquables qui ont permis de l'utiliser à la fois dans la construction des maisons, des meubles, des outils mais aussi dans la sculpture d'objets d'art et dans des produits dérivés comme certains textiles et le papier. Il constitue de plus un combustible intéressant.

**I.1.1. Chêne zeen**

Le chêne zeen ou chêne des canaries, *Quercus canariensis* est un chêne originaire du Sud de Portugal, de l'Espagne, de la Tunisie, de l'Algérie et du Maroc, il n'est pas actuellement présent dans les îles canaries. Bien plus répandu en Afrique du Nord, où il constitue la majeure partie des forêts semi caducifoliées en situation littorale dont fait partie la Kabylie. Notre chêne zeen est récolté des forêts de YAKOURENE [3].



Fig I.1:Arbre de chêne zeen [3].

I.1.2. Pin sylvestre (bois rouge)

Le Pin sylvestre est une essence de pleine lumière. Très rustique, il ne craint ni le froid, ni la gelée, ni la sécheresse. C’est un arbre frugal qui s’adapte à tous les sols, sauf aux terrains calcaires sur lesquels il souffre de chlorose [4].



Fig I. 2 : Arbre du pin sylvestre (bois rouge) [4].

I.3.Composition chimique du bois

Quelle que soit l’espèce, résineux ou feuillu ; 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. Au niveau moléculaire, le bois est essentiellement constitué de bio polymères : la cellulose (40-50%), la lignine (15-35%) et les hémicelluloses (20% environ). Des minéraux, des extractibles tels que les cires s’ajoutent à ces trois composants principaux [2].

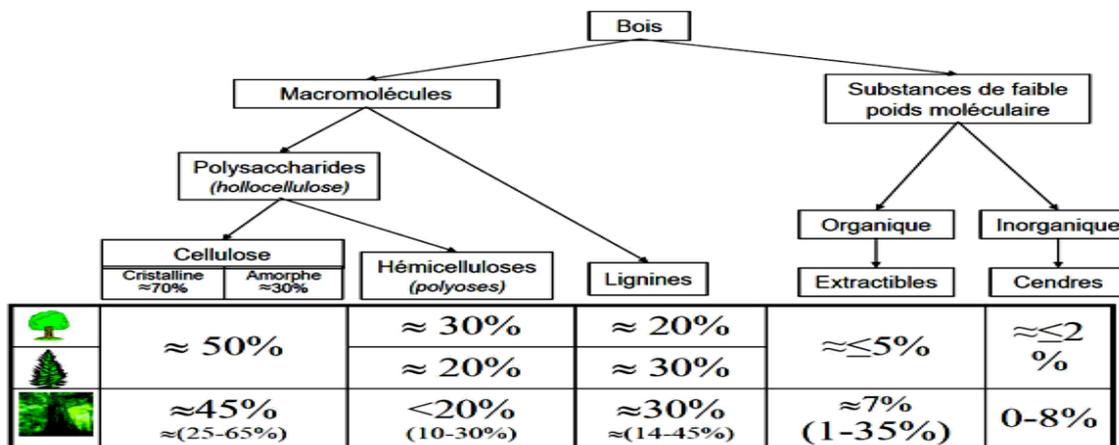


Fig I.3 : Représentation schématique de la composition chimique simplifiée du bois [6].

I.3.1. La cellulose

La cellulose est un glucide constitué d'une chaîne linéaire de molécules de D-Glucose (entre 15 et 15 000)⁶. Elle est le principal constituant de la paroi des cellules végétales, et donc du bois. [7]

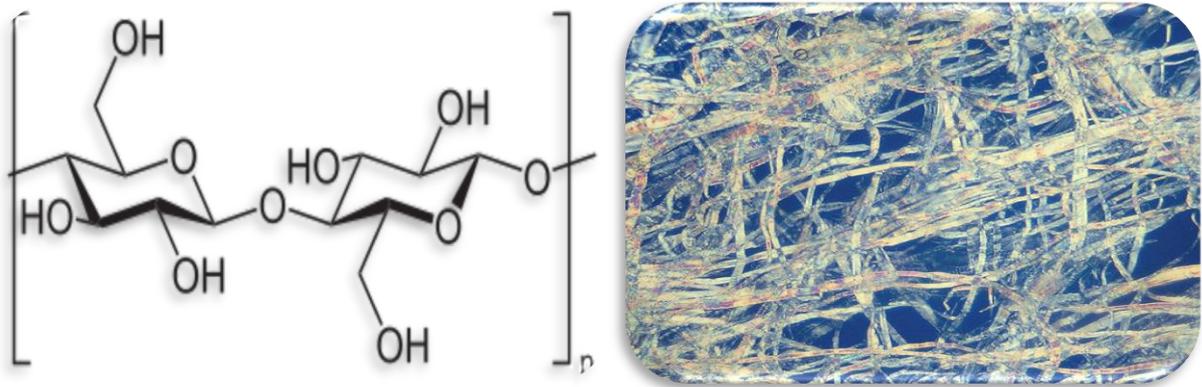


Fig I.4 : la représentation de la molécule de cellulose [11].

Dans le bois, les chaînes moléculaires de la cellulose s'associent entre elles par liaisons hydrogène intra et intermoléculaires (Figure I.6), et forment des faisceaux appelés micro fibrilles. Ces micros fibrilles présentent des zones cristallines et des zones amorphes. Le degré de cristallinité de la cellulose du bois est de l'ordre de 60 à 70 % [13].

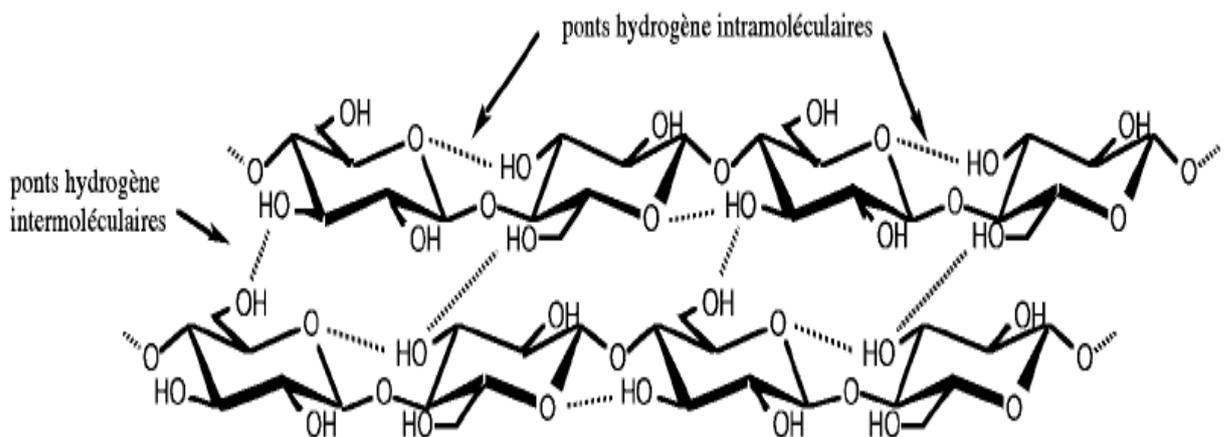


Fig I.5 : Ponts hydrogènes intramoléculaires et intermoléculaires entre deux Macromolécules adjacentes de cellulose [13].

I.3.2. la lignine

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. Les feuillus contiennent 18% à 25% de lignine alors que les résineux en contiennent 25% à 35%. 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[8].

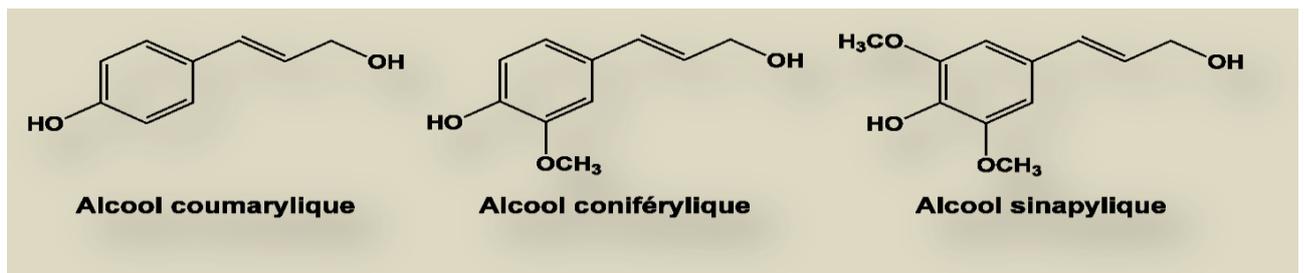


Fig I.6: Précurseurs de la biosynthèse de la lignine [9].

I.3.3. l'hémicellulose

Les hémicelluloses sont des hétéros polysaccharides composés d'unités de glucose, xylose, mannose, etc. Leur hétérogénéité et leurs ramifications empêchent la formation significative de zones cristallines. Elles forment des liaisons covalentes ester ou éther avec la lignine et des liaisons hydrogènes avec la cellulose, assurant ainsi un rôle d'interface entre ces deux biopolymères. L'hémicellulose est contenue dans le son, les céréales complètes, il représente environ 1/3 des fibres des fruits, légumes, légumineuses et noix. Les polyosides suivants : xylane, glucuronoxylane, arabinoxylane, glucomannane et xyloglucane. 50% des hémicelluloses contiennent des acides uroniques (dérivés carboxyles de glucose et galactose)[12].

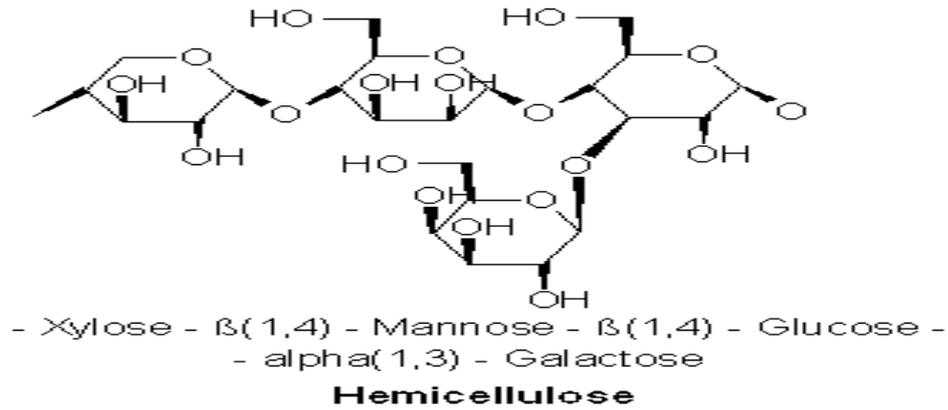


Fig I.7 : Composition Chimique de l'Hemicellulose.

I.3.4. Les pectines

Composants importants de certaines parois végétales, valorisées pour leurs propriétés texturants et leur stabilité en milieu acide, les pectines sont peu abondantes dans le bois (1 à 3 %) et se localisent principalement dans les parois primaires des tissus jeunes. Les pectines sont pour la plupart des homopolysaccharides linéaires (polymère d'acide Dgalacturonique = polygalacturonane.....) mais il existe des formes ramifiées comme les rhamnogalacturonanes, polymères plus complexes de rhamnose, d'acide galacturonique mais aussi de fucose, d'acide glucuronique et parfois d'autres sucres plus rares[12].

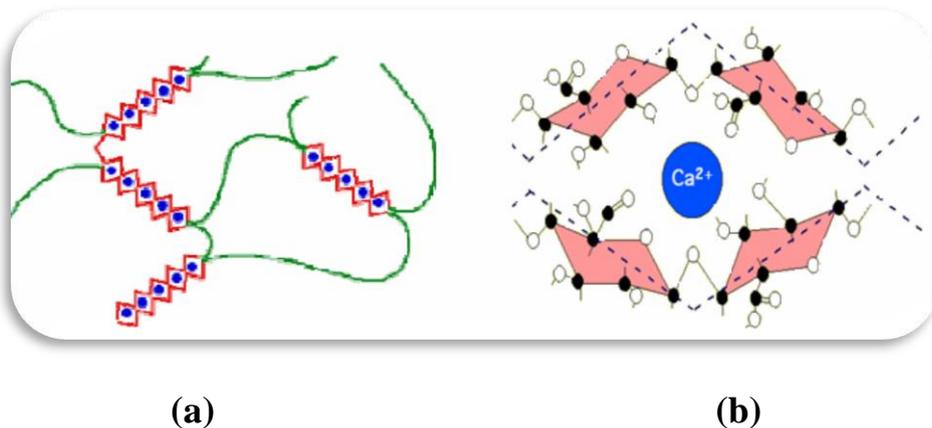


Figure I.8:(a) Le réseau de pectine(b) L'interaction de calcium avec la pectine [12].

I.3.5. Extractibles

Ce sont des molécules de faible masse molaire qui remplissent la lumière des cellules. Ils représentent 2 à 5 % de la masse sèche. La plupart de ces extractibles sont solubles dans l'eau ou des solvants organiques, d'où leur dénomination. La composition en extractibles varie en fonction de l'essence considérée et influe sur la couleur et l'odeur et durabilité naturelle

I.3.6. 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 importants pour la biomasse herbacée. Parmi les substances qui se trouvent dans la biomasse sont : CaO, K₂O, Na₂O, SiO₂, Fe₂O₃, P₂O₅, SO₃ et Cl. Les cinq premiers sont les principaux oxydes qui peuvent se trouver dans la cendre du bois, avec CaO le plus abondant. Il y a aussi des traces des métaux lourds dans la cendre du bois [10].

I.4. Présentation de la fibre végétale**I.4.1. Définition de la fibre végétale**

Les fibres végétales sont des structures biologiques fibrillaires composées de cellulose, hémicelluloses et de lignine. En proportion relativement faible d'extractibles non azotés, de matière protéique brute, de lipide et de matières minérales. Les proportions de ces constituants dépendent énormément de l'espèce, de l'âge et des organes de la plante. Ils sont assimilables à un empilement de plis dont la structure est constituée d'une lamelle mitoyenne, d'une paroi primaire et d'une paroi secondaire [13].

I.4.2. Structure des fibres naturelles végétales

Les propriétés mécaniques des fibres naturelles sont déterminées par leur :

- Composition chimique : pourcentage de cellulose (micro fibrille = renfort)
- Structure physique : angle micro fibrillaire. La diminution de l'angle entraîne une augmentation de la rigidité et la résistance [16].

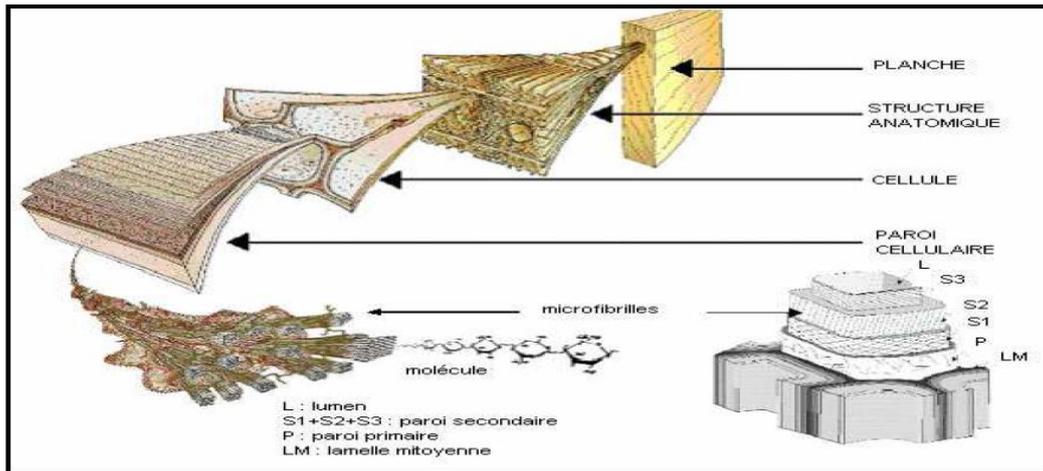


Fig I.9: la composition d'une fibre végétale [13].

I.5. Polychlorure de vinyle (PVC)

Le polychlorure de vinyle ou chlorure de polyvinyle est un polymère thermoplastique, connu généralement sous le sigle PVC de formule $-(CH_2 - CHCl)_n$. Le PVC est obtenu par polymérisation du chlorure de vinyle (CVM) ou monochloréthylène [8].

I.5.1. Présentation du PVC

Le polychlorure de vinyle a la forme chimique suivante Avec n le degré de polymérisation ; il est de rang de 500 à 3500. A l'état pur, le PVC est cassant, d'où la nécessité de lui ajouter des produits auxiliaires appelés adjuvants. Le type, la qualité et la concentration de chaque adjuvant sont le grand secret des producteurs des câbles électriques. Ces adjuvants sont de types stabilisants, plastifiants, lubrifiants ou charges. Chaque adjuvant a un rôle bien déterminé. Les stabilisants sont généralement ajoutés à la résine de PVC dans le but d'éviter le dégagement de l'acide chlorhydrique qui est une cause principale dans la dégradation thermique du PVC.



I.6.Caractéristiques

Le PVC offre une excellente résistance au vieillissement, aux agressions chimiques, aux rayons ultraviolets, à la corrosion, aux chocs et à l'usure ; il est léger et a de bonnes propriétés d'isolation électrique, thermique et phonique. Grâce à cette résistance, 65% des articles fabriqués en PVC ont des durées de vie supérieures à 15 ans, 24% entre 2 et 15 ans, 12% de moins de deux ans.

I.6.1 Propriétés physiques

Le PVC est un polymère atactique donc essentiellement amorphe, mais il arrive que, localement sur de courts segments de chaînes, le PVC soit syndiotactique et puisse s'organiser en phase cristalline, mais le taux de cristallinité ne dépasse jamais 10 à 15%. La masse volumique du PVC est de l'ordre de 1.38g/cm^3 . Le PVC amorphe est transparent et relativement perméable à la vapeur d'eau. Sa masse moléculaire moyenne du PVC est généralement donnée par la «valeur K». Lorsque la valeur K augmente, la résilience, la stabilité dimensionnelle à chaud et la résistance au fluage augmentent alors que la transformation devient plus difficile [14].

I.6.2 Propriétés physico-chimiques

Le PVC non plastifié résiste bien (jusqu'à 60°C) aux acides et bases ainsi qu'aux huiles, alcools et hydrocarbures aliphatiques. Par contre, il est sensible aux hydrocarbures aromatiques et chlorés, aux esters et cétones qui occasionnent un gonflement. Le PVC souple est sensible aux agents atmosphériques et à la lumière solaire. Action physiologique-alimentarité : les vinyliques peuvent convenir pour la fabrication d'objets satisfaisant aux règlements sur les denrées alimentaires et les objets à contact alimentaire.

La masse volumique des compositions de PVC varie entre 1 et 2 g/cm^3 à la température ambiante.

- Le PVC transmet mal la flamme, mais sa combustion entraîne le dégagement de gaz corrosifs et de fumées.
- Thermiquement, il vieillit bien. Plusieurs chercheurs ont apporté leurs contributions à l'étude de vieillissement thermique du PVC [14].

Tableaux I : Propriétés du PVC [14].

PROPRIETES	PVC
Masse Volumique (g/m ³)	(1.03-1.58)10 ³
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 II

Présentation d'un matériau composite

Introduction :

Le développement de nouveaux matériaux est soumis aux besoins des utilisateurs (constructeurs). Ceux-ci veulent toujours des matériaux plus performants, plus économiques et qui durent plus longtemps. Les chercheurs sont le plus souvent amenés à optimiser les solutions déjà utilisées, mais dans certains cas, ils doivent complètement repenser le problème et envisager de " nouveaux matériaux". En effet, on ne découvre plus de nouveaux matériaux, mais on crée plutôt des nouvelles associations de matériaux. L'un des résultats de cette association est l'aboutissement à un matériau composite, qui fait l'objet de notre étude [17].

II.1. Matériau composite

II.1.1. Définition d'un matériau composite

Un matériau composite est constitué de l'assemblage de deux ou plusieurs matériaux de natures différentes. Leur association est complémentaire et permet d'aboutir à un matériau dont les performances recherchées seront supérieures à celles des composants pris séparément. Un matériau composite est constitué dans le cas le plus général d'une ou plusieurs phases discontinues réparties dans une phase continue. La phase discontinue, appelée renfort ou matériau renforçant, est habituellement plus dure avec des propriétés mécaniques supérieures à celles de la phase continue, appelée matrice.

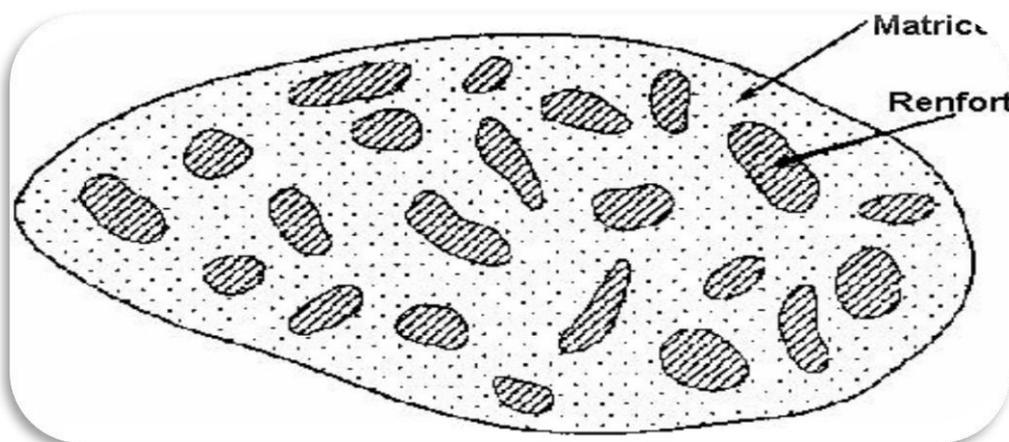


Fig. II.10:Schéma illustratif d'un matériau composite [17].

II.1.2. La matrice

La matrice est avec les renforts, l'un des deux principaux constituants des matériaux composites. C'est le terme désignant la résine polymérisée dont le rôle est de maintenir les renforts en place et de leur assurer la cohésion et la protection. Elle permet également la transmission des efforts mécaniques vers les renforts. La matrice est généralement homogène et isotrope ; on distingue les matrices céramiques, les matrices métalliques, les matrices minérales et les matrices organiques [17].

II.2. Type de matériaux composites

Selon leur taux d'utilisation, les composites sont classés en deux grandes classes : les composites à grande diffusion et les Composites hautes performances [17].

II.2.1. Composites à grande diffusion

Ils occupent une portion de 95% des composites utilisés. Ce sont en général des plastiques armés ou des plastiques renforcés, le taux de renfort est de 30%. Dans 90% des cas, l'anisotropie n'est pas maîtrisée car les renforts sont des fibres courtes. Les principaux constituants de bases sont les résines polyesters avec des fibres de verre. Dans ce cas le renfort et la matrice sont à des coûts voisins [17].

II.2.2. Composites hautes performances

Ils sont principalement utilisés dans l'aéronautique et sont d'un coût élevé. Les renforts sont plutôt des fibres longues. Le taux de renfort est supérieur à 50%, et ce sont les renforts qui influent sur le coût. Les propriétés mécaniques (résistance mécanique et rigidité) sont largement supérieures à celles des métaux, contrairement aux composites à grande diffusion. Des méthodes de calculs de structures et d'homogénéisations ont été développées pour les composites hautes performances [17].

II.3. Caractéristiques des matériaux composites

Les propriétés des matériaux composites dépendent de beaucoup de facteurs et sont différentes selon les divers types de matériaux composites. Ces propriétés résultent :

- Des propriétés, de la nature et de la quantité des matériaux constitutifs.
- Des constituants, de la géométrie et de la distribution du renfort.
- De leurs interactions, de la nature de l'interface matrice-renfort, etc.

Les principales caractéristiques des pièces fabriquées en matériaux composites sont :

- Le gain de masse,
- La bonne tenue en fatigue (durée de vie augmentée),
- L'absence de corrosion,
- L'absence de plasticité (leur limite élastique correspond à la limite de rupture)
- Le vieillissement sous l'action de l'humidité et de la chaleur,
- L'insensibilité à certains produits chimiques courants (solvants, peinture, huiles, pétroles,...).
- Tenue aux impacts et aux chocs très moyenne.
- Très forte anisotropie [17].

II.4. Application des composites à base des fibres végétales

Les composites bois-polymères sont utilisés dans différents secteurs :

- Matériaux de construction (planches, volets, châssis, portes et fenêtres).
- Matériels de consommation et industriels, (armoires, planchers, palettes, revêtement de sols).
- Véhicules automobiles (panneaux de portes, composants de coffres arrières, des vide poches, des couvercles de pneus de rechange).
- Autres applications (bancs, tables de pique-nique, modules de jeux, ordures de jardin. ponts et pièces de bateaux) [17]

II.5. Avantages et inconvénients des composites

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'inconvénient.

Tableau II : Avantages et inconvénient des matériaux composites.

Avantages	Inconvénients
Ils sont beaucoup plus légers,	Ils sont beaucoup plus sensibles à tous les impacts
Ils sont insensibles aux produits chimiques tels que les huiles, les liquides hydrauliques...	Peu d'adhérence fibre-matrice.
Ils se déforment moins en fonction de la température et de la pression	La mise en œuvre des réparations est beaucoup plus complexe
Faible cout et disponibilité	
Ressources renouvelables avec un caractère écologique.	

II.6. Facteurs influents 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.

II.6.1. Dispersion et l'orientation de fibre

Il est évident que la dispersion du renfort qui conduit à un mélange plus ou moins intime des composants est un paramètre qui influence les propriétés physico-mécaniques du matériau composite. Cependant, les dimensions ne sont pas les seuls paramètres qui diffèrent, en effet, ceux-ci induisent l'orientation de ces fibres dans le polymère. La dispersion du renfort conduit à un mélange plus ou moins homogène des composants, ce paramètre influence les propriétés. 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) [18].

II.6.2. Adhésion fibre-matrice

Deux matériaux (fibre + pvc) de nature et de propriétés différentes, peuvent conduire à la formation de véritables interphases aux propriétés intrinsèques. Ces interfaces et interphases doivent être en mesure de supporter toutes les contraintes mécaniques, résiduelles ou externes, et de les transmettre de la matrice à la fibre pour que les matériaux composites présentent les propriétés mécaniques à l'usage requises [20].

II.6.3. L'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. À cet égard, la résistance à l'eau de ces matériaux a pu être améliorée par la modification des fibres [19]

II.6.4. Amélioration de la compatibilité charge-matrice

Une des difficultés de la fabrication des composites est de créer une bonne adhésion entre les fibres et la matrice. La nature hydrophile des fibres végétales est à l'origine du manque de compatibilité avec la matrice plus hydrophobe. Très peu de liaisons existent entre la phase renfort et la phase matrice. Cette incompatibilité provoque une mauvaise dispersion des fibres dans la matrice et la formation d'un matériau hétérogène.

La cellulose, principal constituant de la fibre végétale, est peu compatible avec les matrices thermoplastique en particulier le polychlorure de vinyle PVC et d'autre matrice thermoplastiques.

Plusieurs études ont déjà tenté de modifier les propriétés de surface des fibres de cellulose afin d'améliorer leur adhésion avec une matrice polymérique [21].

II.7. Techniques de fabrication des composites

Il existe deux grands processus de fabrication des WPC. L'un relève des techniques de la plasturgie et l'autre des procédés de l'industrie du bois.

II.7.1. Techniques plasturgistes

Les techniques plasturgistes ont pour point commun la réalisation du mélange des matières premières à une température correspondante à une phase liquéfiée des plastiques. Ce mélange à chaud (melt-blending) est obtenu de plusieurs manières et conduit à différents modes de fabrication. Un dispositif thermocinétique permet de réaliser un mélange homogénéisé à haute température de fibres cellulosiques et d'un thermoplastique. Une fois le mélange est réalisé, il est possible de fabriquer le produit par thermoformage (moulage sous compression /injection/extrusion). Il est important de noter que les paramètres de fabrication comme la vitesse de rotation du mélangeur, la température, le temps, l'humidité et autres, influencent les propriétés du composite élaboré [22].

➤ Extrusion

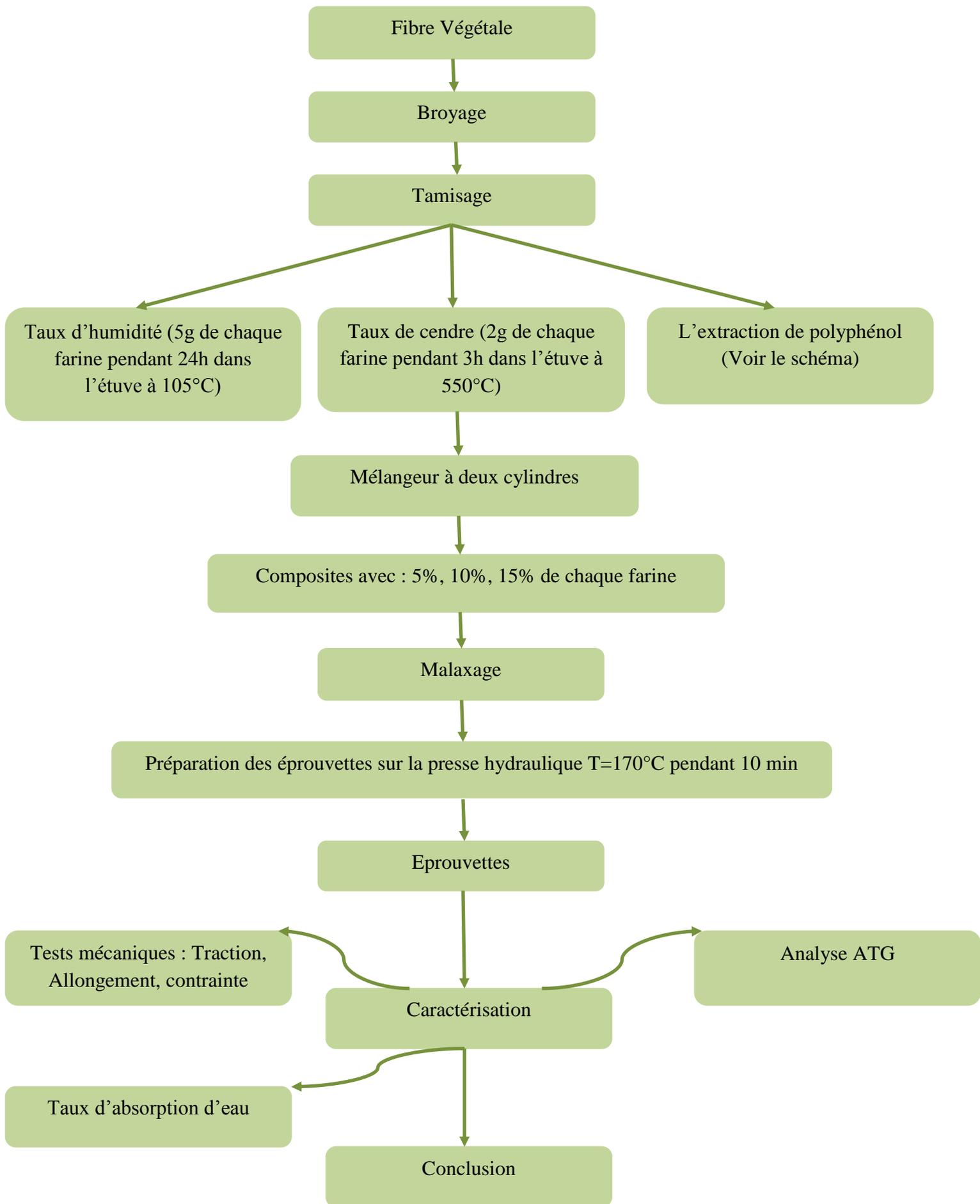
L'extrusion est un procédé de fabrication et de transformation de matières à l'état granulaire ou poudre en un profilé. Lors de l'extrusion, les fibres sont incorporées au thermoplastique fondu à l'aide d'un système de vis [23]. L'extrusion de bois-polymères se définit comme le mélange de fibre de bois et de polymère thermoplastique. Le but est de fabriquer un matériau qui ressemble au bois naturel. C'est un procédé à basse température (70 à 200°C) qui permet à la fois de mélanger la farine de bois et un thermoplastique, ainsi que la mise en forme du matériau grâce à une filière adaptée. Les extrudeuses utilisées sont à simple vis ou généralement à doubles vis Co-rotatives ou contrarotatives qui permettent d'améliorer la qualité du mélange bois/polymère [22].

➤ Compression

Le composite est introduit entre deux plaques chauffantes et soumis à de grandes pressions. La température doit être choisie de façon à affliger un minimum de dégradation thermique à la fibre. On procède à un refroidissement rapide du moule pour limiter la coalescence des cellules [23].

CHAPITRE III

Matériels et méthodes expérimentales



III. Matériaux végétales

Le matériel végétal est constitué de trois espèces végétales différentes : le bois de chêne zeen récolté en 2015, sécher naturellement à l'air libre, tandis que le bois rouge et le bois blanc ont subi un traitement thermique pour mieux les conserver.



Bois rouge



Bois blanc



Bois de chêne zeen 2015

Fig.III.11 : Les Différents échantillons de Bois Utilisés

III.1-Obtention de la farine du bois

III.1.1-Broyage

Les échantillons ont broyé à l'aide d'un broyeur de marque **SEB** afin d'obtenir une poudre très fine.



Fig. III.12 : Broyeur de marque «SEB».

III.1.2-Tamisage

Les copeaux de bois broyés, sont tamisés mécaniquement afin d'obtenir une fibre de diamètre inférieur ou égale à 125 μ m.

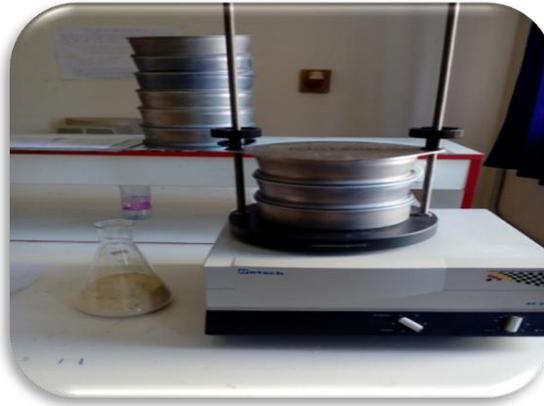


Fig. III.13: Tamis de marque RETSCH

III.2-Elaboration des composites PVC/fibre

III.2.1-Matériaux utilisées

- **la résine PVC**

La matrice permet de lier les fibres du renfort fibreux entre elles, ainsi que de répartir les efforts (résistance à la compression). Elle est facilement déformable et assure la protection chimique des fibres.

Tableau II : Les propriétés de résine du PVC.

Résine PVC	
Type	SE-1200
Masse volumique (g/cm ³)	0.509-0.520
Densité (g/cm)	0.481-0.561
Viscosité	0.99-1.030

- **stabilisant thermique :**

Les températures élevées dégradent souvent la matière notamment le PVC. Les stabilisants rendent la matière plastique insensible à la température de transformation,

empêchent son jaunissement et lui confèrent de bonnes propriétés pour un emploi durable. Nous avons utilisé un stabilisant nommé Calcium/Zinc (Ca/Zn) avec 4 p.c.r, il est sous forme d'une poudre.

- **Lubrifiant**

Il est soluble dans le polymère à l'état fondu. Il diminue fortement les particules et réduit ainsi la viscosité à l'état fondu de la matière plastique. Le lubrifiant utilisé est l'acide stéarique avec 0.5 p.c.r, sous forme d'une poudre blanche.

- **Plastifiants**

Le plastifiant améliore radicalement la mobilité moléculaire (élasticité durable, dureté moindre et meilleure transformation). Il s'agit du dioctyle phthalate (DOP) de formule brute $C_{24}H_{38}O_4$ avec une teneur de 30 p.c.r de résine

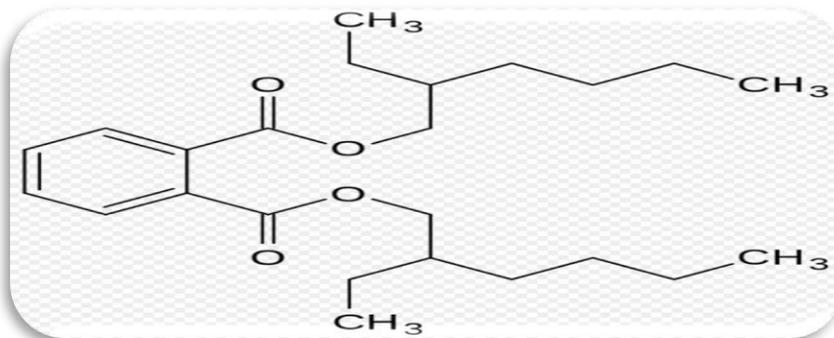


Fig III.14: Formule chimique du DOP

III.2-Préparation d'un mélange matrice /fibre

Pour préparer des plaques à 300 grammes, il ne faut d'abord élaborer la formule suivante :

Résine PVC	100p.c.r
Plastifiant DOP	30 p.c.r
stabilisant thermique	4 p.c.r
Lubrifiant stéarine	0.5p.c.r

Au cours de notre étude, les matériaux composites ont été fabriqués à partir de Polymère chlorure de vinyle(PVC) renforcé par des fibres de bois de chêne zen, du bois blanc et du bois rouge.

Pour chaque formulation de 300g prélevé du mélange à sec, on a introduit la fibre du CZ, BR et BB à des teneurs massiques différents soit (10, 15 à 20%) pour une granulométrie de 0.125 mm.

Les mélanges à différentes proportions massiques (10,15 à 20%) ont été soigneusement préparé.



Fig. III.15 :l'ajout de DOP dans la résine.

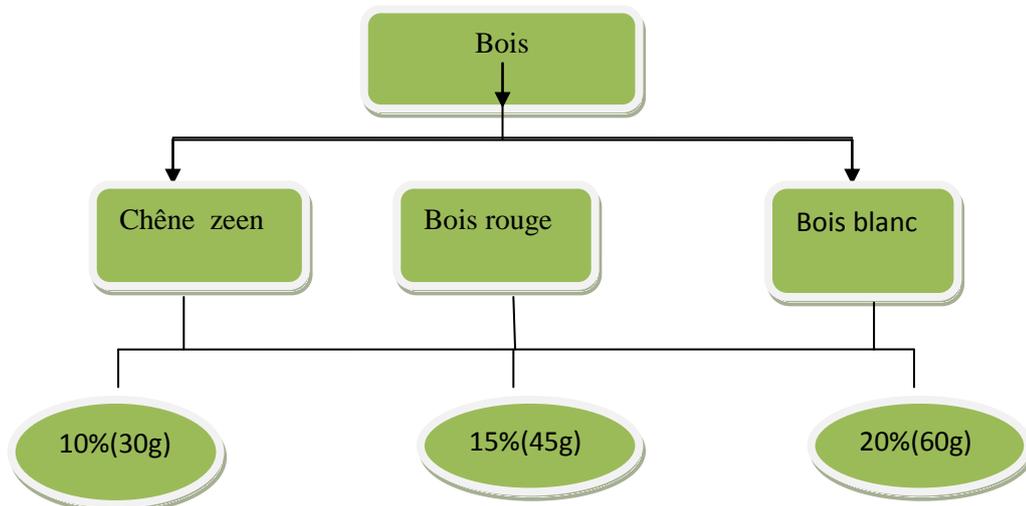


Fig. III.16 : Schéma des quantités du bois utilisés dans les plaques.

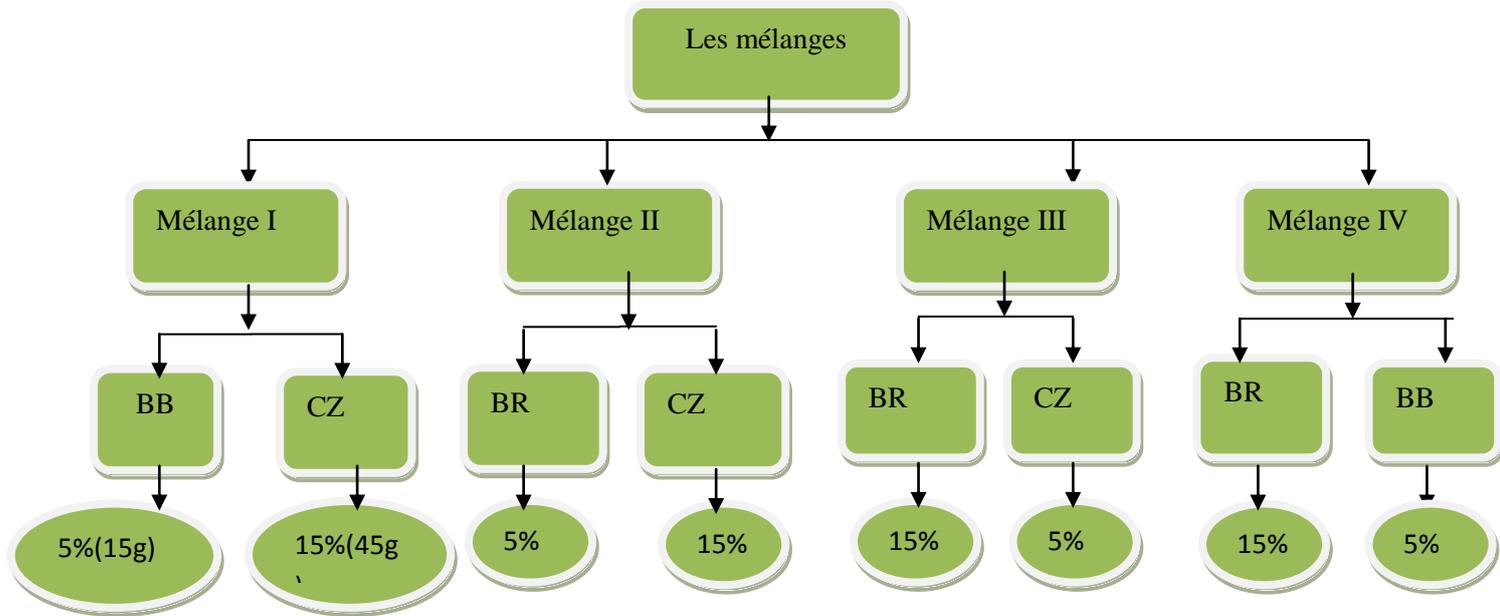


Fig. III.17 : Schéma des quantités du bois utilisés dans les mélanges

Les mélanges précédents sont ramollis dans un mélangeur à deux cylindres de marque LESCUYER avec une vitesse de rotation de 25 tr/min réglé en température de 140°C à temps de 4-5 min jusqu'à la fusion du polymère et incorporation de la farine.



Fig III.18: Mélangeur à cylindres de SCUYER de type A 80.

Pour mouler nos échantillons, nous utilisons une presse chauffante.

Le moulage des composites s'effectue alors de la façon suivante : Une fois le moule rempli, il est placé sur la plaque inférieure de la presse chauffante et reçoit son couvercle. La plaque supérieure est ensuite descendue jusqu'à fermeture et maintenue en pression de 300KN pendant 5min. Ensuite, le moule est retiré de la presse puis refroidie à température ambiante avant démontage et extraction de l'éprouvette de composite.



Fig III.19 : Presse de marque FUNDJINE MODELTP 400.



Fig. III.20 : Model de plaques obtenues

III.3- Préparation des éprouvettes type H

Après l'obtention des plaques nous les avons découpé en éprouvettes de type H à l'aide d'un appareil mécanique. Pour chaque échantillon six éprouvettes ont été découpé selon les caractérisations suivantes :

- Longueur total : 75 ± 2 mm
- Longueur partie calibrée : 25 ± 0.5 mm
- Largeur aux extrémités : 12.5 ± 1 mm
- Largeur partie étroite : 4 ± 0.1 mm



Fig III.21 Model des éprouvettes de type H.

III.4.1-la caractérisation physique de la fibre

III.4.1.1- L'essai spectrométrique (Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier(IRTf))

La spectroscopie infrarouge est une méthode d'analyse physique rapide, simple à mettre en œuvre et ne nécessitant que peu de quantité de matière à analyser. Basée sur les transitions entre les états vibrationnels et rotationnels d'une molécule, elle peut être employée tout aussi facilement sur des échantillons brutes et purifiés

III.4.1.2.L'analyse thermogravimétrique (ATG)

Les analyses thermogravimétriques (ATG) sont réalisées à l'aide d'un équipement Perkin Elmer TGA 4000. Toutes les caractérisations sont menées sur des échantillons des composites avec une vitesse de montée en température de 10°C/min, de 25°C à 600°C et sous azote. Cette méthode permet de déterminer la température de dégradation des matériaux et donc la stabilité thermique des composites.

III.5. Détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité correspond à la quantité d'eau perdue par une substance solide ou gélatineuse, lors de chauffage à 110°C durant un temps défini. Il s'exprime généralement en pourcentage %.

Mode opératoire

1- Nous avons pesé les trois creusets vides, puis nous avons pesé 2g de chaque échantillon (BR, BB, CZ).

2- Ensuite, nous les avons mis dans l'étuve à une température de 110°C pendant vingt-quatre heures.

3- Une fois le temps est épuisé nous avons mis les échantillons dans un dessiccateur qui contient de la silice pendant une heure et nous avons pesé les échantillons à nouveau pour avoir les nouvelles masses de charges après séchage.

Pour calculer le taux d'humidité on utilise la formule suivante :

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

W : Taux d'humidité

m₁ : Masse de creuset vide (g).

m₂ : Masse de creuset+ échantillon après le séchage(g).

m₀ : Prise d'essai (2g)



Fig III.22 : Echantillons de bois.

III.6-Détermination du taux de cendres

Cette donnée caractéristique est basée sur l'élimination des matières organiques d'un échantillon de matériau par calcination à température de 550°C durant un temps défini deux heures trente minute

Il correspond au rapport de la masse obtenue par calcination à la masse initial de l'échantillon exprimé en pourcentage.

Mode opératoire suivant :

- 1-Nous avons pesé des creusets vides, ensuite nous avons pesé 2g de chaque échantillon
- 2-ensuite nous avons mis l'ensemble dans un four à moufle à 550°C pendant deux heures trente minute
- 3- Au bout de ce temps écoulé, nous avons retiré les creusets du four, nous les avons mis dans un dessiccateur pendant une heure ensuite nous avons repesé les échantillons pour avoir la masse des cendres.

Pour calculer la teneur en cendre on utilise la formule suivante :

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

W' : Teneur en cendre (g).

m'_1 : Masse de creuset avec les cendres(g).

m'_2 : Masse de creuset vide (g).

m'_0 : Prise d'essai (2g)



Fig III.23: Echantillons du bois



Fig III.24: Echantillons du bois après l'étuvage

IV.2- Caractérisation chimique de la fibre

IV.2.1- Dosage des polyphénols totaux :

Le dosage permet d'apprécier la richesse en composés phénolique extractibles du bois, il a été réalisé par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu, en se basant sur une gamme étalon (acide gallique) (CHARRIER, 2008)

Mode opératoire

Pour notre expérimentation, nous avons utilisés les matériaux suivants :

- Fiole jaugée de 250 ml, bécher, erlenmeyer
- Pipette, pro pipette
- Agitateur
- Spectrophotomètre, cuve (cellule) en plastique
- Bain -marie,
- balance
- Tube à essai

➤ L'extraction des composés phénoliques

Principe

L'objectif de cette extraction est de libérer les poly phénols présents dans des structures vacuolaires par rupture de tissu végétal et par diffusion. Ces derniers sont extraits par extraction liquide- solide en utilisant le méthanol comme solvant MeOH/H₂O (80/20, v/v)

.ce mélange est plus efficaces pour extraire, à température ambiante, les tannins ainsi que les monomères phénoliques dont les dérivés de lignine.

Une pesée de 50 mg pour chaque charge végétal (BB, BR, CZ2015, EC) avec 4 essai de chacun d'eux et 50 ml de solvant CH₃OH/H₂O (80/20, V/V). Ces dernières mises sous agitation pendant deux heures, puis filtrés et récupérées dans un erlenmeyer fermé [24].

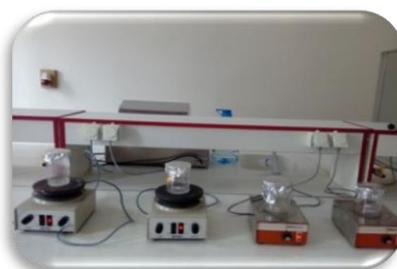


Fig III.25 : Agitation des solutions

➤ Le dosage

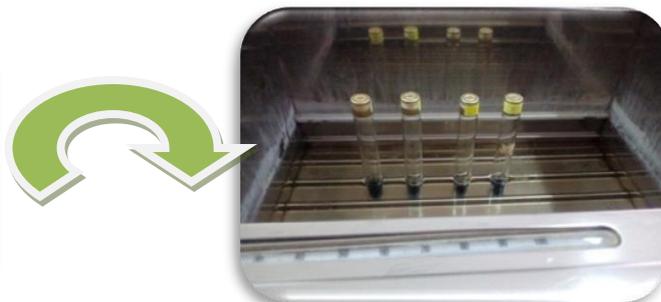
Ce dosage est basé sur la quantification de la concentration totale de groupements hydroxyles présents dans l'extrait. Le réactif de Folin-Ciocalteu caractérise par une solution jaune acide contenant un complexe polymérique d'ions (hétéropolacides). En milieu alcalin. Il consiste à oxyde les phénols en ions phénolate et réduit partiellement ses hétéropolyacides d'où la formation d'un complexe bleu (Michel, 2011)

Protocole de dosage :

- Dans un tube à essai, mettre 0.5 ml de filtrat, ajouter 2.5 ml de réactif de Folin-ciocalteu diluée (10 fois dans l'eau distille).
- Après une minute de contact du F.C avec filtrat, on ajoute 2 ml de carbonate de sodium (NaCO_3) de concentration 74g/l.
- Nous avons homogénéisé et met les tubes à essai dans le bain-marie à $T= 50^\circ\text{C}$ pendant 5 minute.
- Nous avons mesuré ensuite l'absorbance de chaque échantillon à 760nm.



III.26 : le filtrat dans des tubes a essai.



III.27 : les tubes à essai dans le bain-

marie.

➤ Courbe d'étalonnage

Le taux de poly phénols totaux extraits, a été calculé à partir d'une courbe d'étalonnage linéaire ($y = ax + b$) établie avec des concentrations précises d'acide gallique g/l comme standard de référence.

Mode opératoire

- Nous avons pesé 0.5g a l'aide d'une balance à 0.00001 de précision, puis on le dissout dans un litre d'eau distillé.
- Ensuite, nous avons préparé quatre solutions filles de concentration de 0.06, 0.12, 0.20 et 0.28g/l à partir de la solution mère (acide gallique à 0.5g/l).



➤ **Expression des résultats**

Le pourcentage en polyphénol (équivalents en acide gallique) est calculé selon la formule suivante :

$$\% \text{ Phénols totaux} = \frac{(C \times V)}{(1000 \times M)} \times 100$$

- 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)

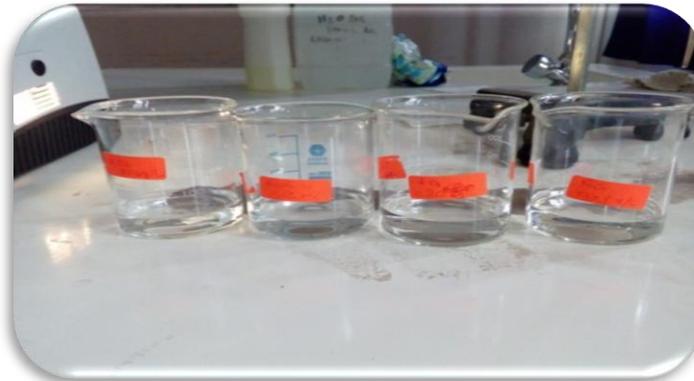


Fig III.28: Les Solutions filles en acide gallique.

III.6.1. Analyse chimique du composite fibre/PVC

Les différentes techniques expérimentales utilisées dans ce travail sont :

- L'essai d'environnement : l'absorption d'eau.
- Les essais mécaniques : test de traction.

III.6.1.1. Détermination du taux d'absorption

C'est la quantité d'eau maximale que peut absorber un échantillon de 08 gramme préalablement étuvé pour qu'il puisse perdre son eau libre, après une immersion complète dans de l'eau distillée.

- Nous avons préparé des échantillons de dimensions 50 x 50 x 2mm
- Nous avons pesé chaque échantillon.
- Nous avons immergés chaque plaque totalement dans de l'eau distillée à pH égal à 6, à température ambiante pendant 24h.
- Après les 24h, les échantillons ont été bien essuyés à l'aide du papier absorbant puis

Repeser pour déterminer enfin leur taux de d'absorption.

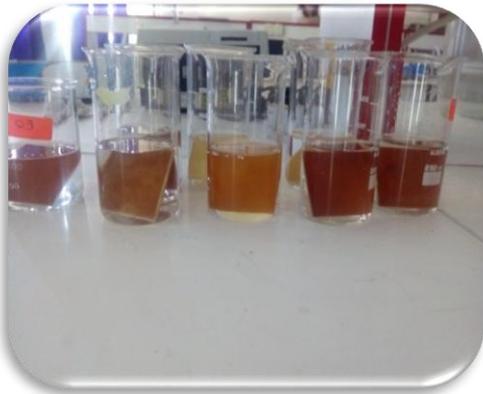


Fig.III.29: Echantillons immergé dans l'eau distillé

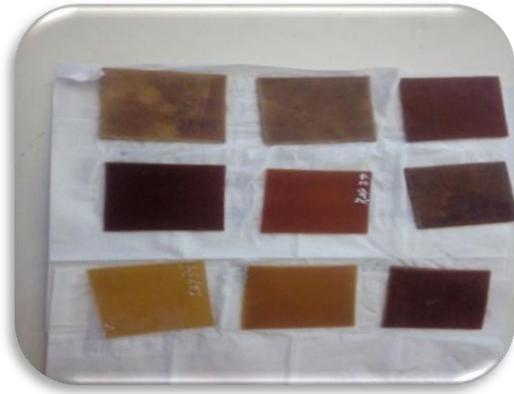


Fig.III.30 : échantillons après immersion

III.6.2. Essais mécaniques

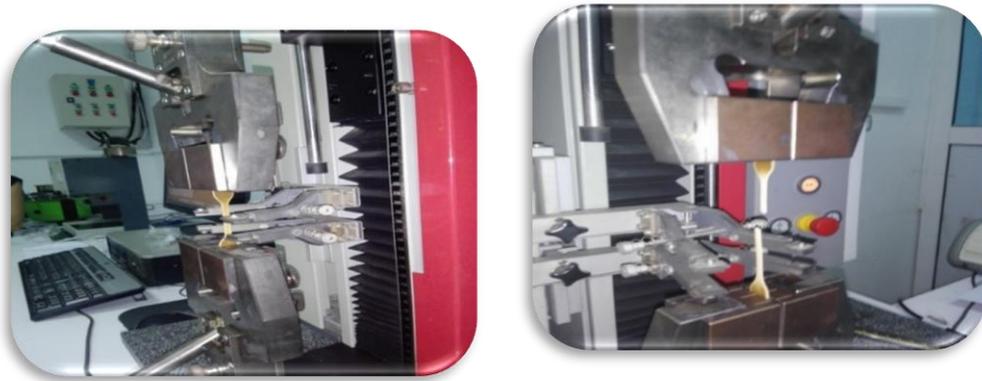
III.6.2.1 Test de Traction

Cet essai consiste à placer une petite barre de matériau étudié entre les mâchoires d'une machine de traction qui tire sur la barre jusqu'à sa rupture. On enregistre l'allongement et la force appliqué que l'on converti ensuite en déformation et contrainte.

Les essais de traction ont été effectués avec des éprouvettes obtenues sur une machine De la marque **ZWICK de type BTC-FR 2.5TN.D09.**



Fig III.31: Machine d'essai de traction de marque ZWICK de type BTC-FR 2.5TN.D09.



FigIII.32: Eprouvette avant et après le teste de traction

Module d'élasticité

C'est le rapport de la contrainte de traction à la déformation correspondante dans la limite de contrainte maximale qu'une matière peut supporter.

- **Contrainte à la rupture :** C'est la charge de traction supportée par l'éprouvette à l'instant de sa rupture par unité de surface.
- **Allongement à la rupture :** C'est l'augmentation de la distance entre les repères sur la partie calibrée de l'éprouvette produite par une charge de traction au moment de la rupture de l'éprouvette.

CHAPITRE IV

Résultats et discussion

IV-1 Détermination de la teneur en humidité

Les résultats du calcul du taux d'humidité sont résumés dans le tableau suivant (Annexe D)

Tableau III: Valeurs moyennes de taux d'humidité

La fibre	Taux d'humidité (%)
Bois rouge	6,72
Bois blanc	5,89
Chêne zeen	6,97

D'après les résultats, on remarque une variation de taux d'humidité dans chaque échantillon. Le taux d'humidité est élevé dans les deux fibres (chêne zeen, bois rouge) par rapport à la fibre de bois blanc, cela est dû à la nature du sol, et la durée d'exposition. Cette teneur en eau aura une influence sur les propriétés mécanique du composite c'est-à-dire plus le module élasticité, la contrainte et la stabilité thermique du composite sera faible. Cela est dû la formation des bulles d'eau et la mauvaise adhésion (fibre /matrice).

IV.2-Détermination de teneur en cendre

Les résultats de la teneur en cendre sont résumés dans le tableau suivant (Annexe)

Tableau IV : les valeurs moyennes de teneurs en cendre.

Fibre	Teneur en cendre
Bois rouge	0.5
Bois blanc	0.5
Chêne zeen (2015)	1

A partir de ces résultats, on constate qu'après la combustion de bois, la matière organique est totalement carbonisé, il ne reste que la matière minérale (cendres) (P, K, Ca, Si, Cl, Na, Fe), et que la teneur en cendre diffère d'un échantillon à un autre diffère 0.5% pour le BR et BB, 1% pour le CZ 2015.

La teneur en matière minérale est légèrement élevée dans la fibre de CZ (1%) cela est dû au sol calcaire des sols forestier de YAKOURENE au pH acide. Il y a une variation des matières minérales avec l'espèce. La nature et la quantité 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. La silice et la chaux sont plus abondantes dans l'écorce que dans le bois tandis que la potasse domine dans le bois.

IV.3-Détermination de taux de phénols par spectroscopie UV

La figure suivante illustre la courbe d'étalonnage des taux de phénol.

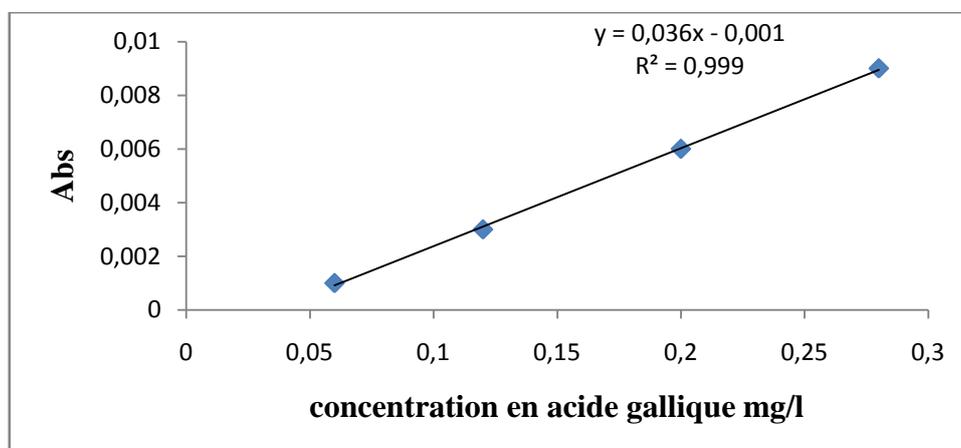


Figure IV.33 : Courbe d'étalonnage.

Les résultats montrent une variation de la teneur en polyphénol. Celle-ci est représentée dans l'histogramme suivant :

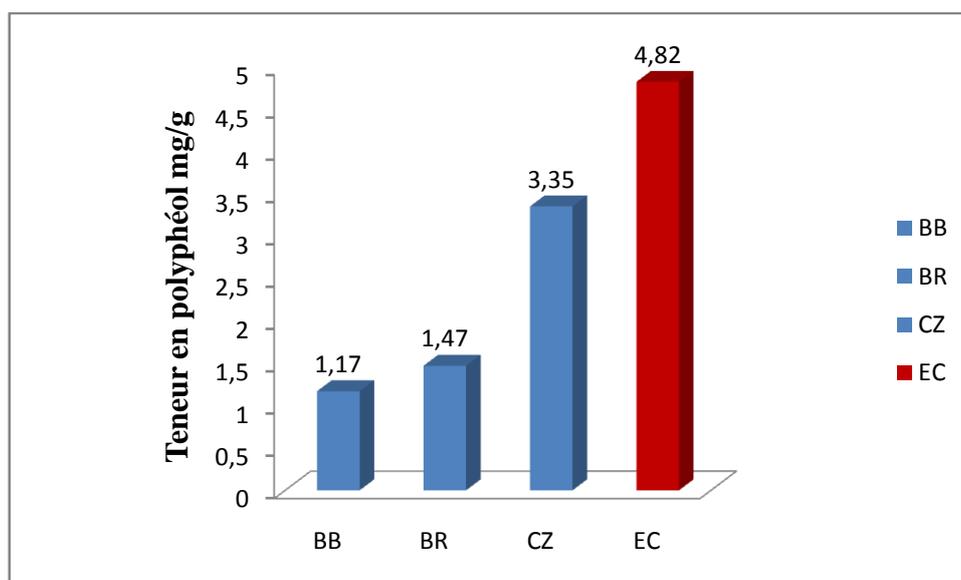


Figure IV.34 : Les valeurs moyennes du taux des phénols totaux.

D'après l'histogramme, on remarque que les trois espèces végétales contiennent de polyphénols et que la fibre chêne zeen est plus riche en polyphénol (3.35mg/g) par rapport aux bois blanc et bois rouge (1.17mg/g, 1,47 mg/g) respectivement. Cela nous mène à dire que la nature (résineux ou feuillues) et l'âge de l'espèce à une influence sur le taux de polyphénol. L'écorce de chêne zeen a un taux plus élevé que sa fibre, et cela peut être expliqué que l'écorce est plus riche en composés phénolique que son duramen.

Dans le bois est particulièrement dans le duramen, l'accumulation de polyphénol joue un rôle essentiel pour sa qualité, couleur et durabilité naturelle (résistance aux attaques des champignons et insectes pathogènes).

IV.5- analyse ATG

Les figures suivantes présentent l'analyse thermogravimétrique de la farine de bois en fonction de la température.

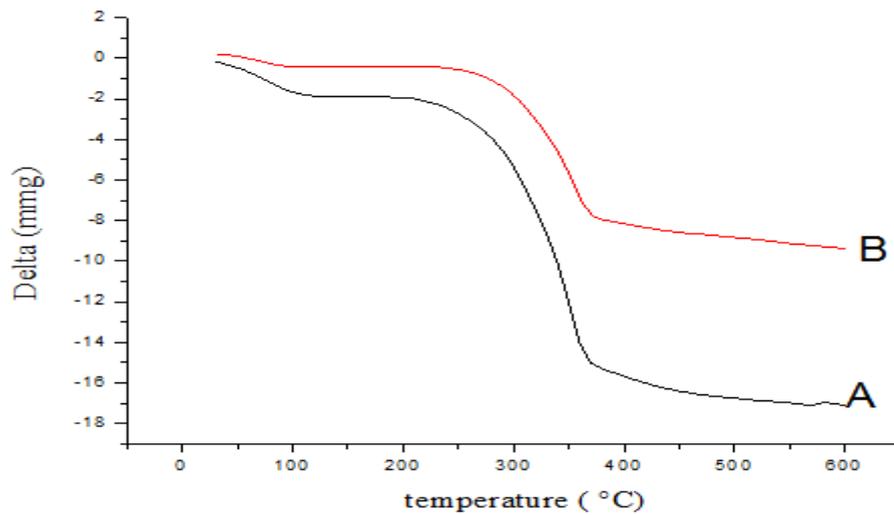


Fig IV.35 : Analyse thermogravimétriques de la farine du bois blanc(A) et bois rouge(B)

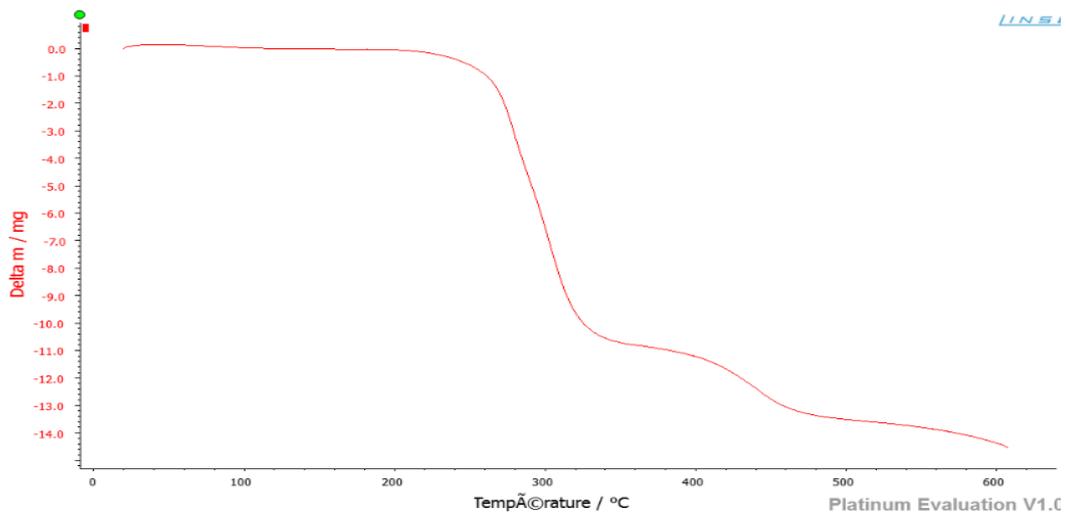


Fig IV.36: Analyse thermogravimétriques de la farine du chêne zeen.

D'après les allures du thermogramme, le mécanisme de dégradation de la farine du BB (A) et BR (B) :

- la première étape on voit une légère diminution en poids entre la zone de température 50-150°C correspond au l'évaporation de l'eau et départ des matières volatiles (pectines et terpènes). Ensuite vers T= 200-370°C caractérisé par une perte de masses significative correspondant principalement à la décomposition de l'hémicellulose et indiquant également la rupture de liaison glycosidique de la cellulose à partir de 200°C.
- ce qui concerne la lignine, il subit une décomposition vers 200°C et au- de la de 400°C.
- la lignine se dégrade sur un large de gamme de température et peut être expliqué par la complexité de leur structure chimique. Selon la littérature.
- On remarque une différence entre le BR et BB c'est probablement due aux Taux de la lignine élevé dans les résineux[1].

IV.6-Analyse PAR IRTF

La figure IV.38 présente les spectres IRTF de la farine de bois blanc (A) et bois rouge (B)

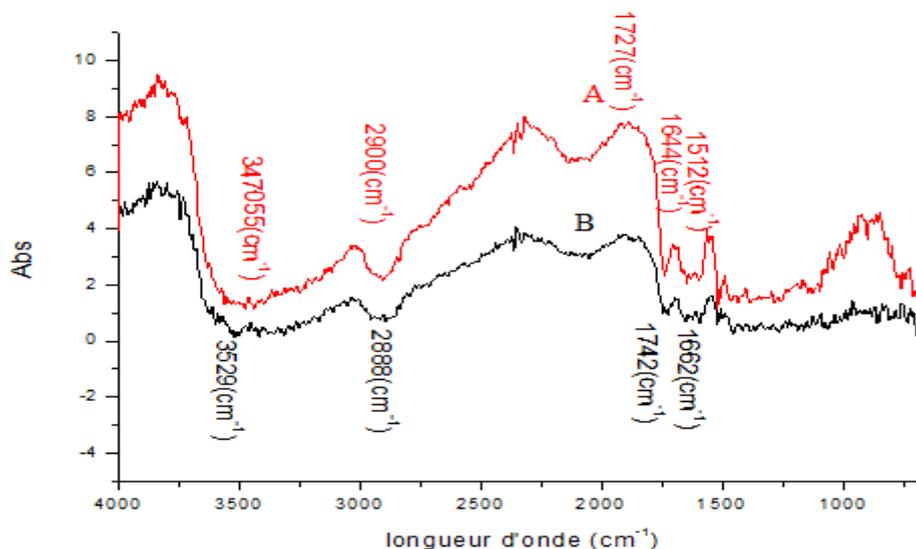


Figure IV.37:Spectres IR de la fibre de BB(A) et BR(B).

- une large bande intense à 3405-3529 cm⁻¹ correspond aux vibrations d'élongation des groupements (O-H) de hémicellulose et la lignine.
- Une bande à 2888-2900 cm⁻¹ d'intensité moyenne correspond à la vibration d'élongation des liaisons (C-H) du groupe CH₂ de la cellulose et la lignine.

- Une bande à $1727-1742\text{ cm}^{-1}$ moyenne qui attribué aux vibrations d'élongation des groupements carbonyle (C=O) traduit l'existence d'acétyle ou des esters, des xylanes présentent dans la lignine et hémicellulose.
- Une bande à $1644-1662\text{ cm}^{-1}$ faible assignée à la vibration d'élongation des cétones conjuguées(C=O) dans la lignine.

La figure IV.39 présente le spectre IR de la fibre de la fibre de chêne zeen :

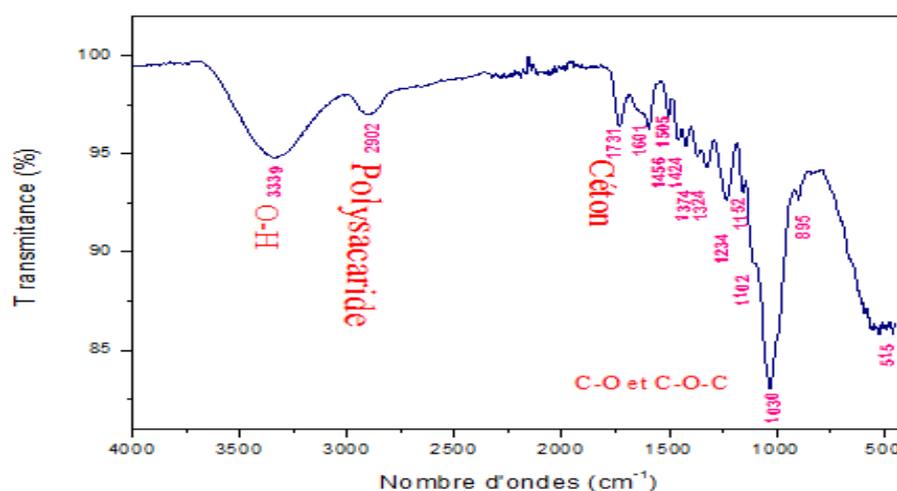


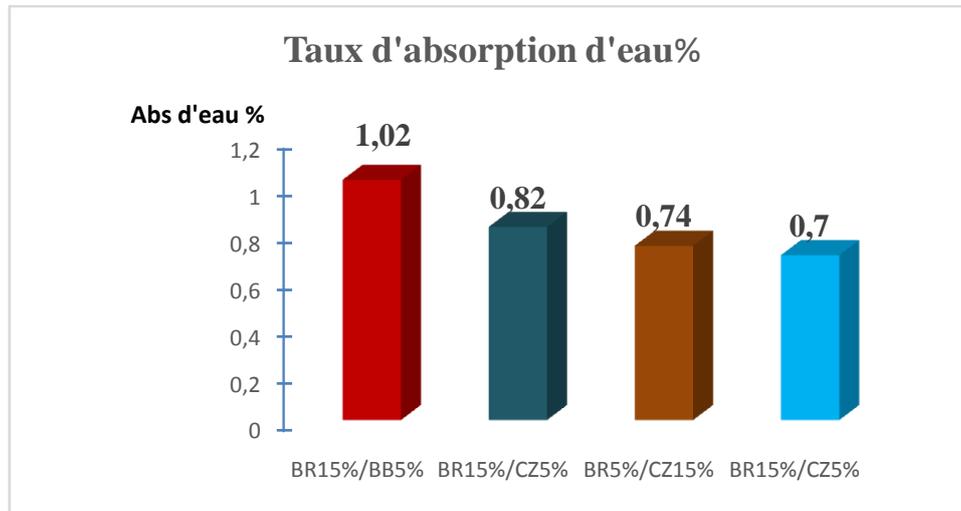
Figure IV.38: Spectre IR de fibre de chêne zeen.

La figure ci-dessus représente le spectre IR de la fibre de chêne zeen. Les résultats montrent la présence d'une large bande caractéristique intense à 3010 cm^{-1} attribué à la vibration d'élongation des groupements δ (O-H) de la lignine et hémicellulose.

- Une bande moyenne à 2902 cm^{-1} correspond aux polysaccharides.
- Une bande à 1731 cm^{-1} correspond à la vibration d'élongation(C=O) des groupements carbonyle (C=O) traduit l'existence d'acétyle ou des esters, des xylènes présentent dans la lignine et hémicellulose.
- On observe également la présence d'un pic à 165 cm^{-1} correspond à des cétones conjuguées, la bande $1490-1426\text{ cm}^{-1}$ est signe de l'existence d'hémicellulose, et la bande $1317-1267\text{ cm}^{-1}$ est attribuée à la vibration (C-O) des groupements méthoxy de la lignine. Une dernière bande de $1160-1057\text{ cm}^{-1}$ 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.

IV.7- La caractérisation du composite

IV.7.1-Détermination du taux d'absorption d'eau des plaques .



FigIV.39 : Taux d'absorption de l'eau des composites en fonction de teneur en charge.

L'histogramme suivant représente le taux d'absorption d'eau en fonction de la teneur massique en charge

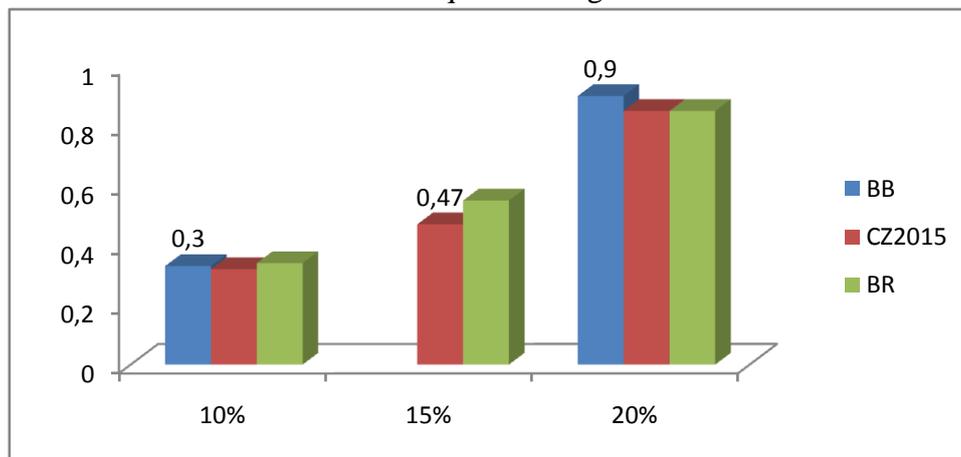


Figure IV.40 : Taux d'absorption d'eau en fonction de teneur en charge.

Les histogrammes de la figure IV.41 représentent le taux d'absorption d'eau en fonction de la teneur massique en charge :

D'après les résultats obtenus on constate que les composites à 10 ,15% de la fibre absorbent moins d'eau, par contre on observe une élévation de taux d'absorption avec la fibre de 20%, car cette dernière contient une quantité importante du lignocellulose.

Si on compare entre les charges on trouve que la fibre de CZ2015elle absorbe moins d'eau que les charges de BB, BR.

Cette absorption est due au caractère hydrophile dans les fibres (présence des Groupements hydroxyles de la cellulose et hémicellulose) et à la présence de porosité. La structure macromoléculaire et en particulièrement les groupements hydroxydes des polysaccharides, fortement hydrophiles peuvent également recueillir des molécules d'eau liée par des liaisons hydrogène [2].

IV.8-Propriété mécanique

IV.8.1. Contraintes et allongements à la rupture

Les histogrammes suivants présentent l'allongement et la contrainte à la rupture en fonction des différents teneurs en charges (10, 15, 20%).

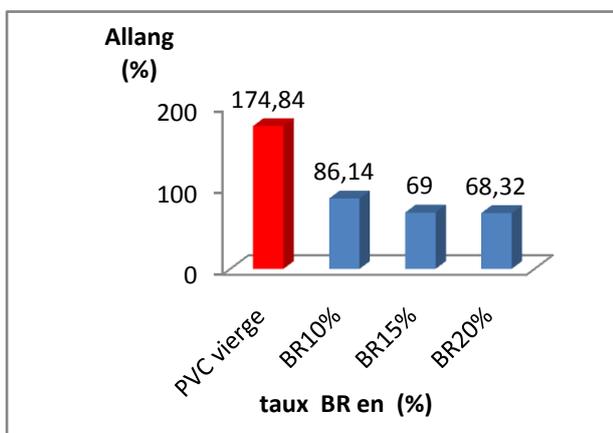
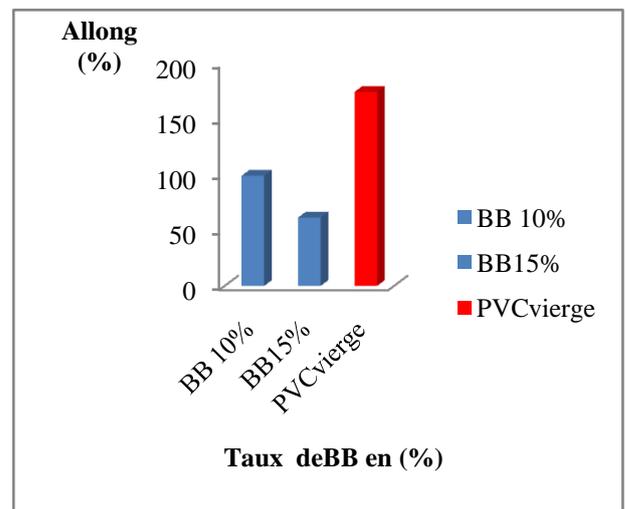
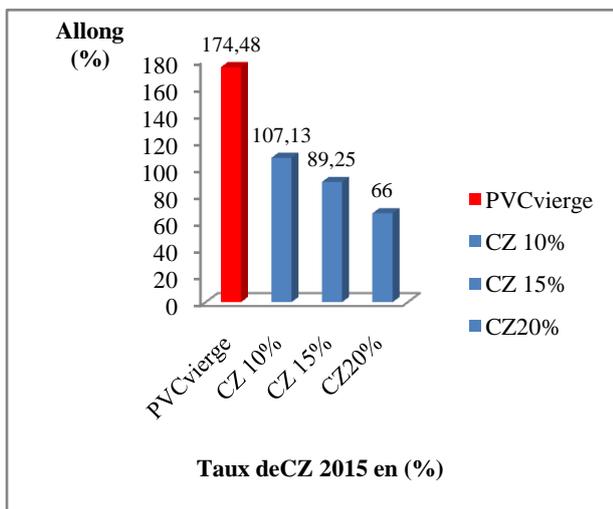


Fig IV.41 : Allongement à la rupture des différentes formulations des composites.

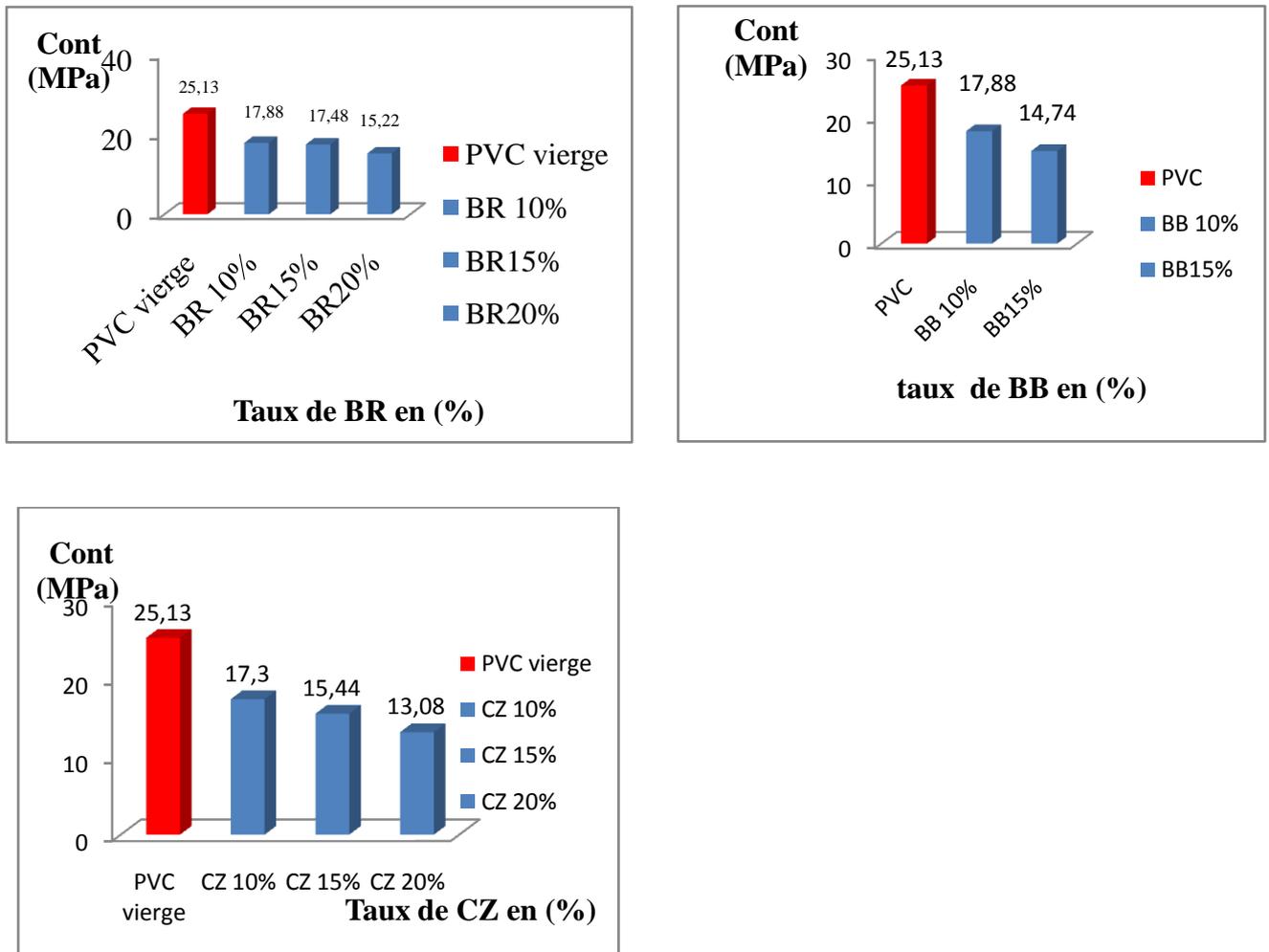


Figure IV.42 : contrainte à la rupture des différentes formulations des composites.

D’après les histogrammes, on remarque que les deux propriétés mécaniques ont tendances à diminuer en fonction de taux de la farine comparativement au PVC vierge.

On constate que la formulation avec la fibre de chêne zeen , les résultats sont meilleurs que les autres mélanges cela peut être dû à la forte densité et aussi à la dureté du chêne zeen

Diminution de l’allongement et la contrainte est expliqué par le fait que le caractère hydrophile des fibres conduit à une absorption d’eau par contre le PVC est hydrophobe [12].

Les auteurs justifians leurs résultats par la probable mauvaise dispersion, rétention d’humidité, défaut d’interface entre la fibre et la matrice.

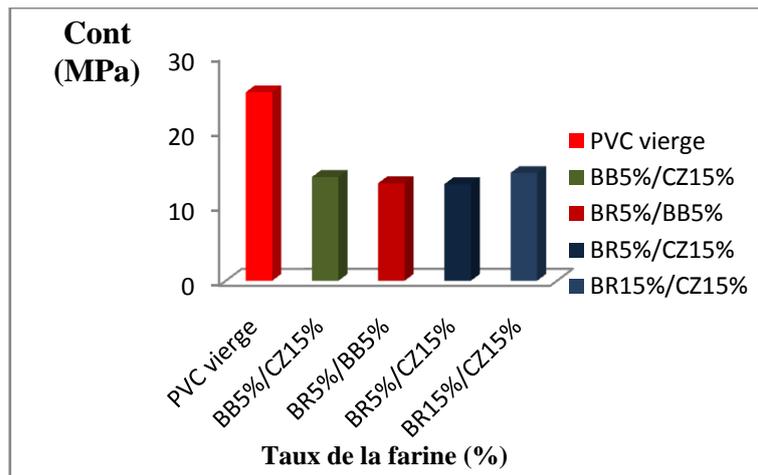


Figure IV.43: Contrainte à la rupture des différents mélanges.

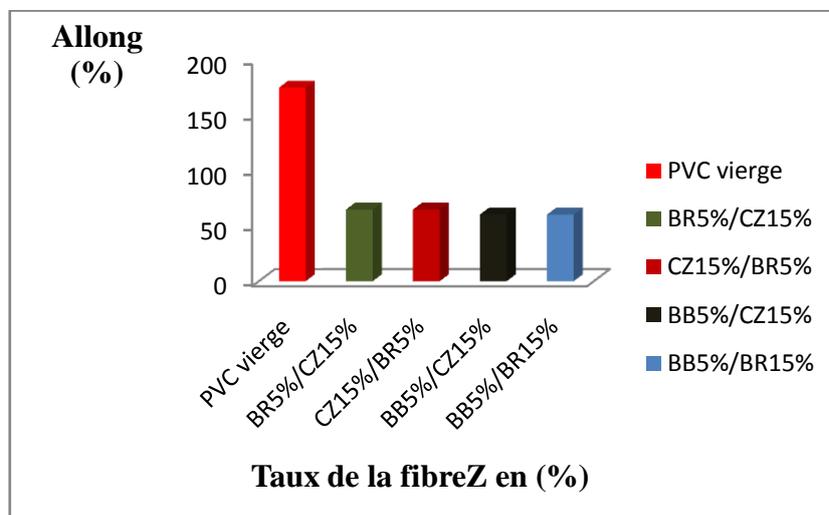


Figure IV.44 : Allongement à la rupture des différents mélanges.

Les histogrammes montrent les deux propriétés mécaniques (contrainte et allongement à la rupture) en fonction de taux de la farine comparativement au PVC vierge.

On observe une forte diminution pour les deux propriétés citées précédemment et cela peut être dû à la formulation contenant deux charges de teneur différentes (5% ,15%), l'adhésion fibre/matrice reste mauvaise dans chaque composite.

Cependant ce phénomène est liée au faite que les charges végétales sont hydrophiles et polaires alors que le polymère thermoplastique (PVC) est hydrophobe et apolaire [2].

Ainsi L'incompatibilité entre la matrice et la farine diminue l'adhésion entre les deux phases, ce qui fragilise le système et provoque une chute de l'allongement et la contrainte à la rupture.

IV.8.2-Module de Young

Les histogrammes suivants illustrent le module de Young en fonction de différents teneurs en charge (0, 10, 15,20%)

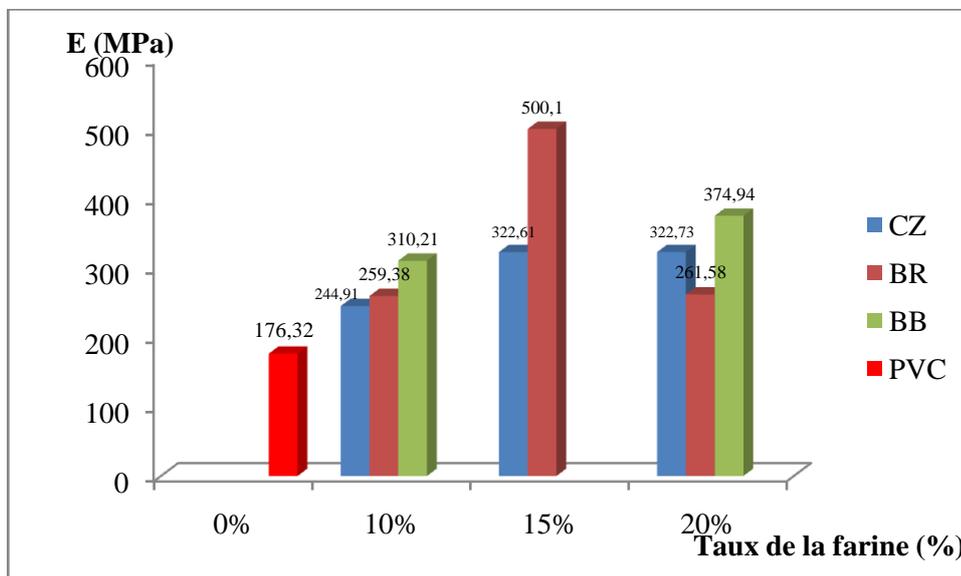


Figure IV.45: Module de Young de différentes composites (mélange sec).

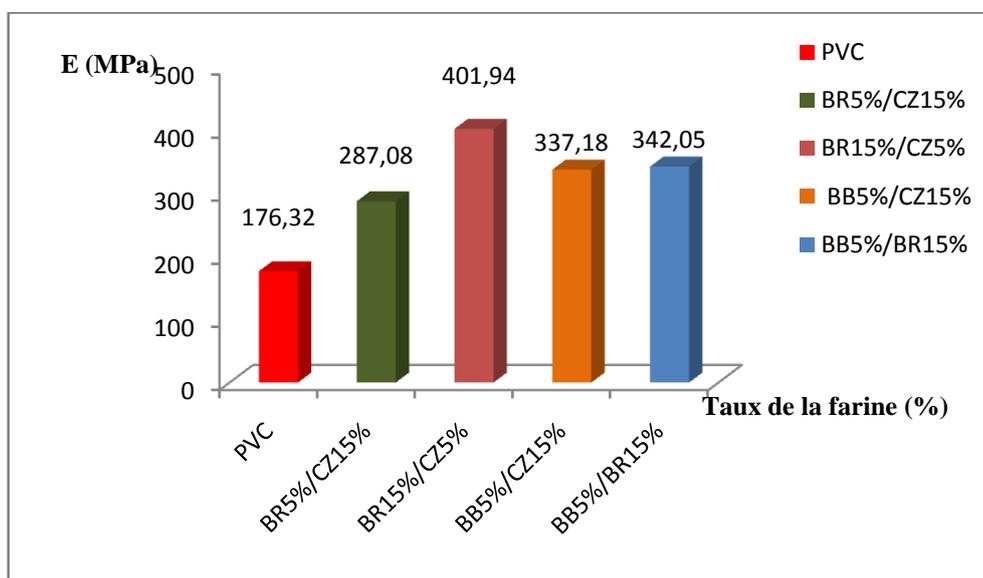


Figure IV.46 Module de Young des différentes composites (mélange).

Les figures illustrent l'évolution du module d'élasticité des composites en fonction de taux de farine. Le module marque une augmentation considérable dans ces valeurs en fonction de taux de farine, due à la nature rigide de ces dernières par rapport à la matrice thermoplastique (PVC).

L'ajout de fibres à la matrice de PVC a donné lieu à des modifications des propriétés mécaniques. L'augmentation de la teneur en fibres de 10 à 20% (en poids), a abouti à une augmentation de plus de 80% du module de Young. En effet, lorsque le pourcentage en fibres CZ ajouté a atteint les 15% (en poids), le module de Young lui a passé à 322.61MPa contre 244.91 MPa. Entre 10 et 15% (en poids) de teneur en fibres une légère augmentation du module de Young a été observée, et ce n'est qu'au-delà de 15% (en poids) de fibres que l'augmentation a été plus significative pour atteindre son maximum 20% (en poids) de charge (voir figures 46 et 47).

L'amélioration significative du module de traction a été donc obtenue avec l'augmentation de la teneur en fibres [1].

CONCLUSION GENERALE

L'objectif général de notre travail est de mettre en place une formulation optimale et un procédé adéquat pour l'élaboration d'un matériau composite à base de PVC et de déchets menuiserie.

Les matériaux composites PVC/bois permettent d'associer les avantages du plastique à ceux du bois, ce dernier il présente une rigidité supérieure à celle du PVC.

Au cours de cette étude, le PVC a été chargé par de différentes charges végétales (bois rouge, bois blanc et chêne zeen) pour élaborer douze formulations à base PVC/farine du bois.

Les fibres utilisées n'ont pas été modifiées chimiquement, elles ont été ajoutées à différentes teneurs (5, 10, 15, 20%) avec un diamètre de (0.125mm).

Une fois élaborés, nos composites PVC/bois ont été caractérisés par une analyse ATG et IR, des tests mécaniques et des tests absorption d'eau.

Ainsi nos résultats permettent de déduire à la fin que le composite élaboré avec un taux de 10% de la fibre de chêne zeen a donné de bons résultats. Cependant les résultats des mélanges élaborés sont très moyens cela est due à faible homogénéité entre les fibres.

Concernant les perspectives à ce travail, on pourra suggérer :

- De traiter chaque fibre ou encore l'ajout d'agent couplant afin d'améliorer les propriétés mécaniques et l'adhésion, la qualité de la dispersion des fibres au sein de la matrice.
- Il est possible d'expérimenter la même farine du bois avec un autre polymère tel que PP, PE.
- Une analyse par MEB serait souhaitable pour renseigner sur la morphologie de la surface de chaque échantillon.
- Une analyse DTG qui nous permet de déterminer la stabilité thermique et les étapes de dégradation de matériaux à partir de la courbe DTG.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **M. Malha**, « Mise en œuvre, Caractérisation et Modélisation de Matériaux Composites : Polymère Thermoplastique Renforcé par Des Fibres De Doum. ». Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences Rabat, Université Mohammed V, Agdal, 2013, [En ligne], disponible sur http://toubkal.imist.ma/bitstream/handle/123456789/9626/THESE_MALHA.pdf
- [2] **M.L.AUGIER**, « Etude de l'élaboration du matériau composites PVC /Bois a partir de déchets de menuiseries. Thèse de doctorat de l'institut nationale de Toulouse .Toulouse 2007 P17.
- [3] **P.Quezel. F.Medail**, Ecologie et biographie des forêts du bassin méditerranéen Ed. Elsevier SAS(2003) p 438.
- [4] **Fiche essences/Pin sylvestre /Belgium wood forum – Delhez Bois** [En ligne] disponible sur http://Delhez.bois.be.com./2012/fiche_pin_sylvestre.pdf
- [5] **B.EL HADJI** Nouveaux matériaux composites thermo formables à base de Cellulose. Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2008.
- [6] **ADEME. Hugues de Cherisey.** Etat de l'art sur la production de molécules chimiques issues du bois en France.2015Rapport. 149 pages. Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr, rubrique Médiathèque (URL).
- [7] **A.Sbiai**. « Matériaux composites a matrices époxydes chargée par des fibres de palmier Dattier ; effet de l'oxydation au tempo sur les fibres » thèse de doctorat. Ecole doctorale matériaux de Lyon France 2011.
- [8] **PH.TINGAUT**. Modification de la structure chimique du bois par des Alcoxysilanes diversement substitués, Thèse Doct. Univ Bordeaux. 2006,17-27p.
- [9] **B .TALE**. 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.
- [10] **A.BADEA1. GHEORGHE2, C. ,MĂRCULESCU3, C., APOSTOL4, T.L'**influence des Propriétés Physiques Du Bois Et Des Paramètres Du Processus Sur Les Produits De Pyrolyse. ISSN 2008, 1454-234xs.

- [11] **J.Z. Lu, Q. Wu et H.S. Menabb.** « Chemical Coupling in Wood Fiber and Polymer Composites: A Review of Coupling Agents and Treatments », Wood and Fiber Science, Vol. 32, 2000, pp 88-104.
- [12] **A. Fadel et H. Hazam,** « Etude des propriétés d'agro matériaux composites PEBD/farine de Genêt d'Espagne avant et après mercerisations ».Mémoire d'Ingénierait d'Etat, Faculté de Technologie, Département de Génie des Procédés, Université Ferhat Abbas Sétif, Algérie, 2010, 74 p.
- [13] **M. JEBRANE** « Fonctionnalisation chimique du bois par transesterification des Esters d'Enol.» thèse de doctorat à l'Ecole doctorale des sciences chimiques université de bordeaux **25 Septembre 2009**
- [13] **L.Yahiaoui** « Caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales (Diss) ». Université Farhat Abbas Setif 2011.
- [14] **S.Latrach,** « PVC et leur propriété » **PDF** disponible sur //www.LATRACH.net / pvc et leur propriété 2017.
- [15] **I. Slama,** « 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. Québec : Univ du québec à chicoutimi ,2008.
- [16] **A. Mir, B.Hachemane, B. Bezzazi,** Eco conception & matériaux composites à base de renforts naturels. International Symposium on Composites and Aircraft Materials: damage and fatigue diagnostics. ACMA2007 May 22-24, 2007 Agadir, Morocco.
- [17] **B. Guerira,** « Chapitre I : Généralités sur les matériaux composites. 2005 »disponible en ligne // www.thesis.univ-biskra.dz/2282/3/Chapl.PDF
- [18] **M. Ragoubi,** « Contribution à l'amélioration de la compatibilité interracial fibres naturelles/matrice thermoplastique via un traitement sous décharge couronne ». Thèse de Doctorat, Université Henri Poincaré Nancy 1, France, 2010, 186 p. [En ligne], disponible sur http://docnum.univ-lorraine.fr/public/SCD_T_2010_0135_RAGOUBI.pdf
- [19] **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, pp. 306-313.

[20] **M. Nardin**, « Interfaces fibre-matrice dans les matériaux composites», Revue de composites et des matériaux avancés, Lavoisier, Vol. 16, 2006

[21] **A. M. Brandt**. « Fibre reinforced cement-based (FRC) composites after 40 years of development in building and civil engineering». Composite structures. Vol. 86, 2008,

[22] **I.SLAMA**. « 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. Québec : Univ du québec à chicoutimi ,2008.

[23] **K. BOUMERDASSI**, « Elaboration et caractérisation d'un composite biodégradable à matrice thermoplastique et renfort polysaccharide ». Mémoire de magistère .Boumerdes : Univ M'hemed BOUGGARA DE BOUMERDES ,2008.

[24]**T.MICHEL**. «nouvelles méthodologies d'extraction ;de fractionnement et identification ».thèse de doctorat,univ D'ORLEANS2011.

[14] **S.Latrach**, « PVC et leur propriété » **PDF** disponible sur //www.LATRACH.net / pvc et leur propriété 2017.

Annexe

Annexe A : Essai de traction

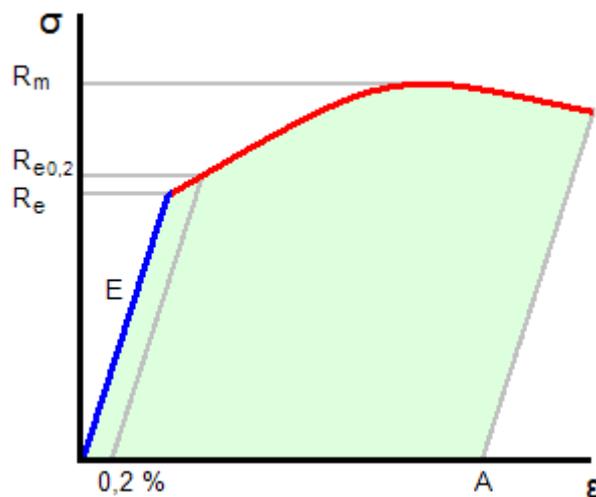
Un essai de traction est une expérience de physique qui permet de mesurer le degré de résistance à la rupture d'un matériau quelconque.

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 .

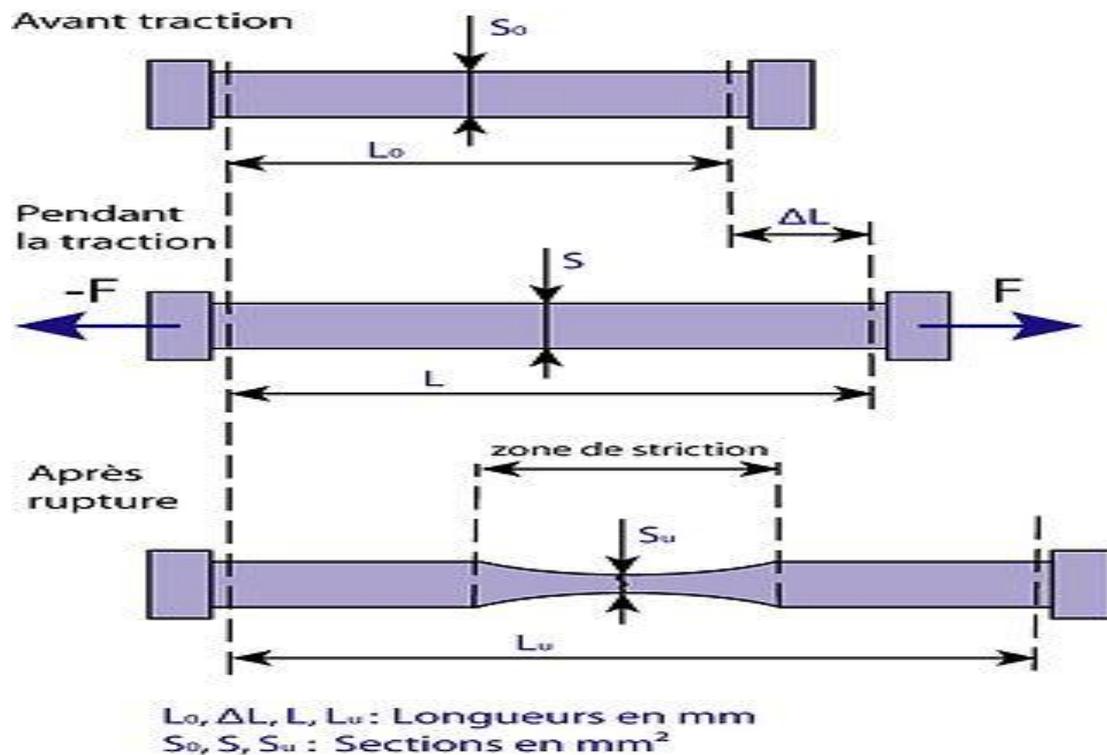


Graph de test de traction

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.

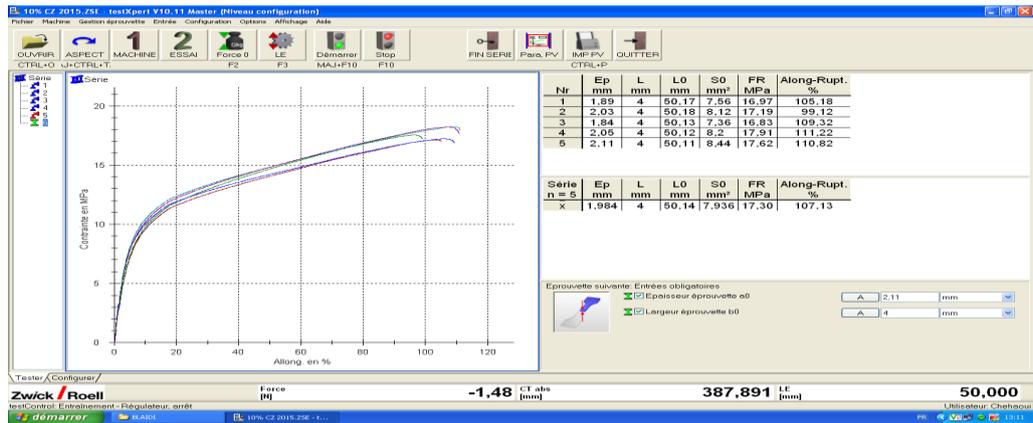
L_u : longueur de la barre juste avant la rupture.

Annexe B

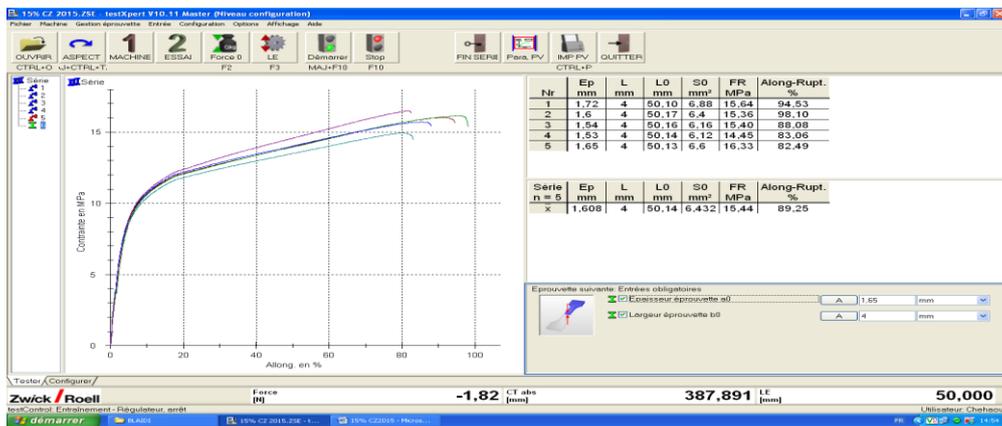
Annexe 3 : Les graphes et tableaux suivants montrent les résultats obtenus lors d'essai de traction à l'entreprise CATEL

Annexe

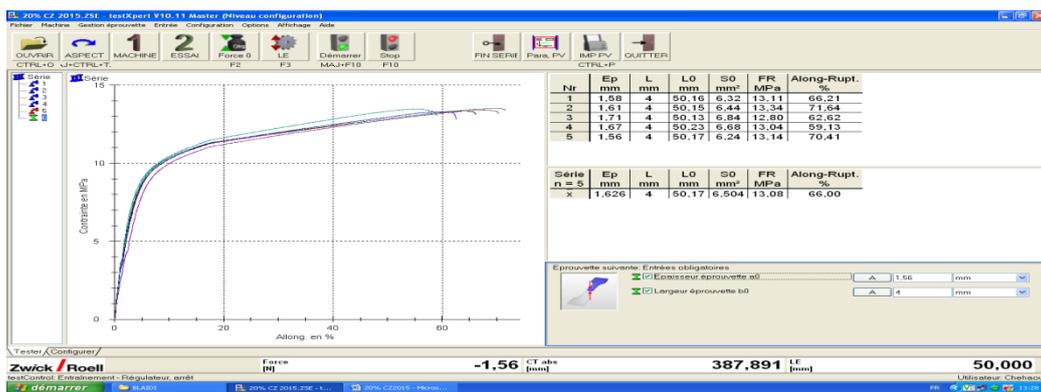
- Eprouvettes à taux de charges de 10% (CZ2015)



- Eprouvettes à taux de charges de 15%

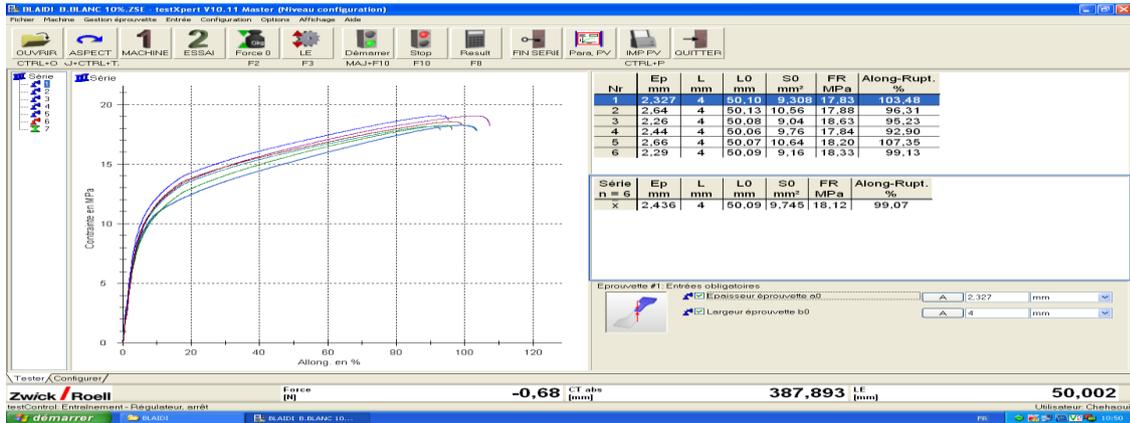


- Eprouvettes à taux de charges de 20%

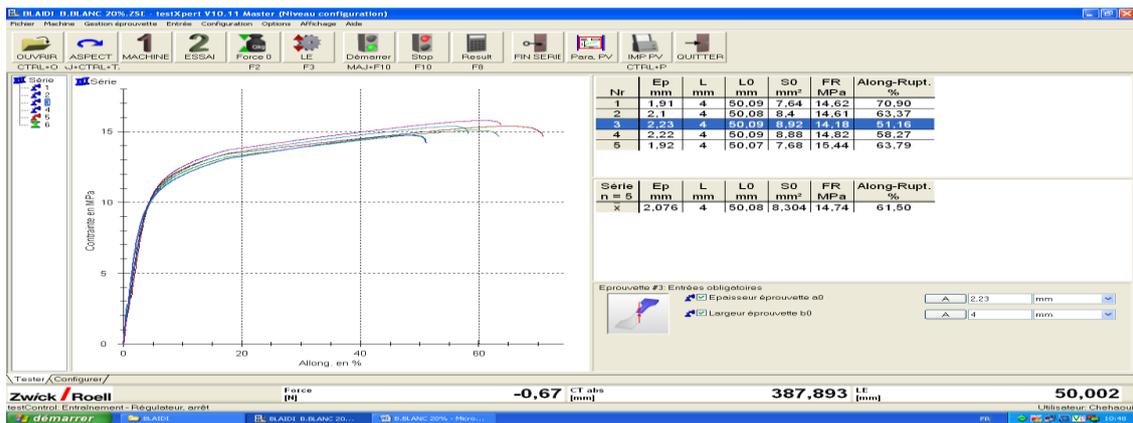


Annexe

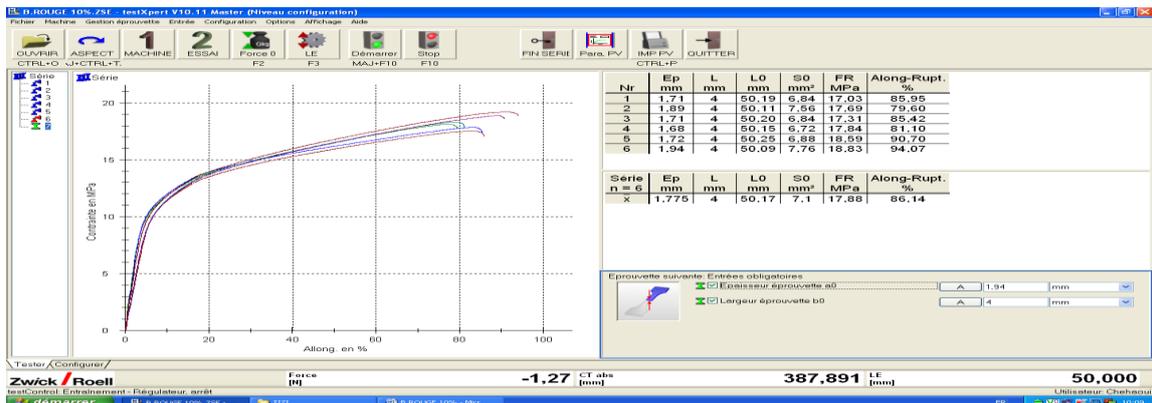
- Eprouvettes à taux de de charge 5% (bois blanc)



- Eprouvette à taux de charge 20% (bois blanc)

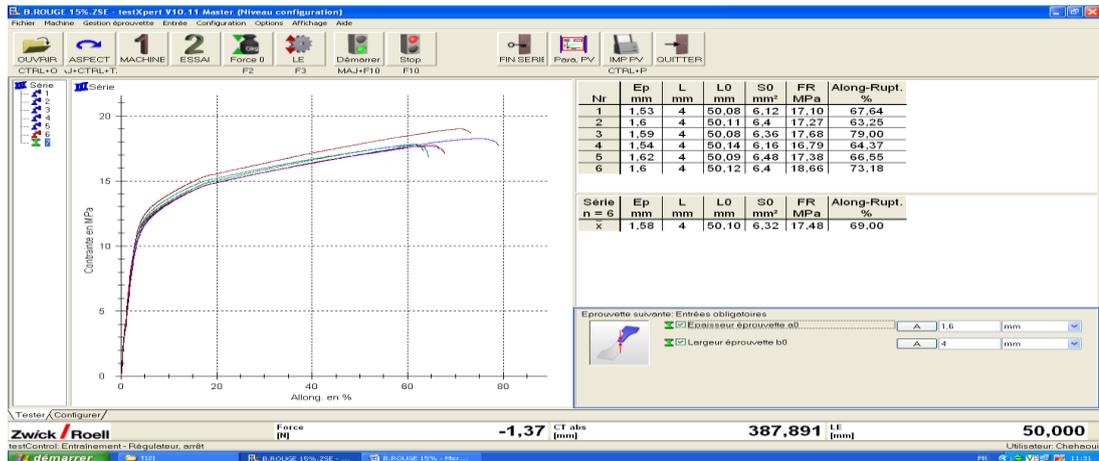


- Eprouvette à taux de charge 10% (bois rouge)



Annexe

- **Eprouvette à 15% (bois rouge)**



Eprouvette à BB5%/CZ15%

Annexe D: Les tableaux suivant donnent les valeurs obtenues lors du test du taux de Taux d'humidité

	Creuset vide(g)	Creuset +échantillon(g)	La masse après le séchage	Pris d'essai(g)	Taux d'humidité
Bois rouge	11.1609	13.1621	13.0174	2.0012	6.72%
Bois blanc	15.8917	17.8976	17.7798	2.0065	5.89%
Chêne zéen	13.2897	14.8972	14.6974	2.0033	6.97%

Annexe E-Détermination de teneur en cendre

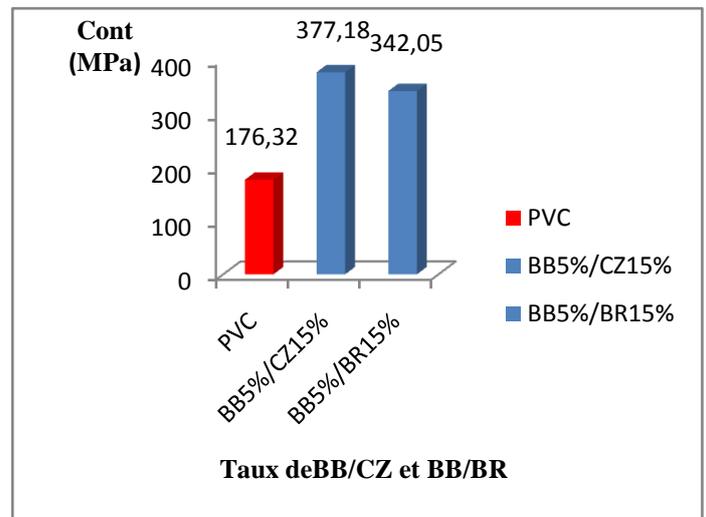
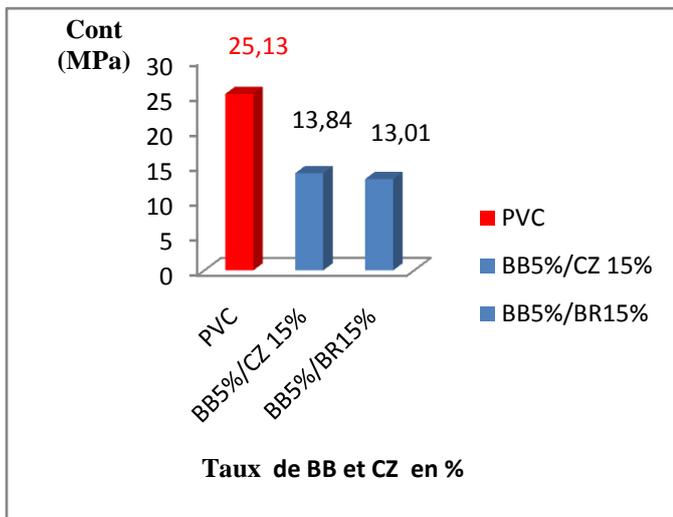
	creuset vide(g)	Creuset +échantillon(g)	Pris d'essai (g)	La masse restante	Teneur en cendre
Bois rouge	13.3059	13.3159	2	0.01	0.5%
Bois blanc	12.9031	12.9131	2	0.01	0.5%
Chêne zéen(2015)	15.9031	15.9231	2	0.02	1%

Annexe

Annexe F-détermination de taux de ployphénol

	Bois blanc	Bois rouge	Chêne zéen	Ecorce
concentration	5.22	7.55	16.3	23.5
$C_{moyenne}$	1.17	3.35	1.63	4.82
% phénol totaux	1.17	3.35	1.63	4.82

Annexe G: Module de young



RESUME

L'objectif de ce modeste travail est d'élaborer et de caractériser un matériau composite à matrice PVC et à des charges d'origine végétale (bois rouge, bois blanc et bois de chêne zeen récolté en 2015). On s'oriente alors de plus en plus vers la mise en œuvre des produits biodégradables dans des matériaux polymériques. Ces matériaux composites sont obtenus par broyage et tamisage de la sciure du bois afin d'obtenir une poudre fine avec une granulométrie (0.125mm). Ensuite le PVC et ses additifs sont mélangés afin d'obtenir un PVC formulé (compound) après on ajoute la farine de bois rouge, bois blanc et chêne zeen avec des teneurs massiques différents (5,10,15,20%). Ces derniers vont alimenter dans un mélangeur, ensuite moulés par compression afin d'obtenir des composites bois-polymère de différents teneurs (10%, 15%, 20%) et (5/15%). Ce projet met en évidence l'effet de la charge de la farine sur la morphologie, l'absorption et sur les propriétés mécaniques (l'allongement et la contrainte à la rupture, module d'élasticité). Pour se faire différentes méthodes ont été examinées ; le taux d'humidité, la teneur en cendre, l'analyse IR, l'analyse ATG, test mécanique, test d'absorption. On démontre que l'adhésion et la dispersion des fibres de bois au sein de la matrice étaient bonnes à faible charge (10%). On montre aussi que l'ajout de la farine de bois a augmenté le module de Young et a diminué significativement l'allongement et la contrainte.

Mot clé : PVC, bois rouge, bois blanc, chêne zeen, l'allongement et contrainte à la rupture, module de Young.

ABSTRACT

The objective of this modest work is to develop and characterize a PVC-matrix composite material and vegetable-based fillers (redwood, white wood and zeen oak harvested in 2015). There is a growing trend towards the use of biodegradable products in polymeric materials. These composite materials are obtained by grinding and sieving sawdust in order to obtain a fine powder with a particle size (0.125 mm). The PVC and its additives are then mixed in order to obtain a compounded PVC after adding redwood flour, white wood and zeen oak with different mass contents (5,10,15,20%), the latter will feed in a mixer, then molded by compression in order to obtain wood-polymer composites of different (10%, 15%, 20%) and (5/15%). This project demonstrates the effect of flour loading on morphology, absorption and mechanical properties (elongation and the breaking stress, modulus of elasticity). To make different methods were examined; moisture content, ash content, IR analysis, ATG analysis, mechanical test, absorption test. The adhesion and dispersion of wood fibers within the matrix was shown to be good at low load (10%). It is also shown that the addition of wood flour increased the Young's modulus and significantly decreased elongation and strain.

Key word: PVC, redwood, whitewood, zeen oak, elongation and breaking stress, Young's modulus.