



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur

Et de la Recherche Scientifique

Université Mohamed Boudiaf - M'sila

Faculté des sciences et de la technologie

Département de Génie Mécanique

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de : MASTER

Par :

Chergui Miloud. Oualid Bouzid

Spécialité : Construction Mécanique

Etude et Caractérisation en Flexion

Trois Points d'un Bio composite

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
<i>Zegane.H</i>	MCA	Président
<i>Zaoui.M</i>	Prof	Encadreur
<i>Boucherbe.s</i>	Doctorante	Examineur
<i>Saada.kh</i>	Doctorante	Co-encadreur

2022/2023



Dédicace

*Un grand Merci à de ma famille et plus
particulièrement à mon père Allah yarhmo et ma mère
et mes frères.*

Je dédie ce travail à ma famille.

Je dédie ce travail à mes amis.

*Je dédie ce travail à la famille chergui et la famille
Ayachi.*

*Des personnes qui nous ont aidés et soutenus, de près ou
de loin, dans la réalisation de ce travail.*

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu « Allah » le tout puissant de nous avoir donné la santé, le courage et la volonté pour préparer ce mémoire Nous tenons à présenter nos sincères remerciements à notre encadreur

Pr. Zaoui Moussa.

Sincères remerciements à Dr Amroune Salah et Saada khalissa pour leurs réponses à toutes les questions, leurs conseils tout au long.

Nos remerciements s'adressent aussi aux membres du jury qui ont accepté d'évaluer ce mémoire.

Et tous ceux que l'on n'a pas cité Merci à vous.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE :	11
I.1 Introduction:	12
I.2 Définition des matériaux composites:	12
I.2.1 Matrice :	12
I.2.1.1 Matrices minérales :	13
a. Métalliques	13
b. Céramiques	13
I.2.1.2 Matrice organique	14
a. Matrices thermoplastiques	14
b. Matrices thermodurcissables	14
I.2.2 Fibres végétales :	15
Types de fibres végétales	15
I.3 Classification de Renfort	16
I.3.1 Classification selon le type de matrice	16
I.4 Renforts :	17
I.4.1 Classification selon la catégorie du renfort :	18
I.5 Matériaux bio-composites :	19
I.6 Procédés de fabrication par moulage :	19
I.7 Classification à base de la structure composite :	20
I.7.1 Moulage au contact :	20
I.7.2 Moulage par projection :	21
I.7.3 Moulage par compression :	21
I.7.4 Moulage sous vide :	22
I.7.5 Le RTM (Résine Transfer Moulding) :	23

II.1 Introduction :	26
II.2 Les différents types de bancs d'essai des poutres :	26
II.2.1 Le banc de traction :	26
II.2.1.a Définition :	26
II.2.1.b L'essai de traction :	26
II.2.1.c Banc d'essai de traction :	27
II.2.2 Le banc de Compression:	29
II.2.2.a Définition:	29
II.2.2.b L'essai de compression:	29
II.2.3 Le banc de cisaillement:	31
II.2.3.a Définition:	31
II.2.3.b Banc d'essai de cisaillement :	31
II.2.4 Le banc de flexion :	32
II.2.4.a Définition :	32
II.2.4.b L'essai de flexion :	32
II.2.4.c Banc d'essai de flexion:	33
II.3. La spectroscopie infrarouge FTIR:	34
III.3.1 Définition:	34
III.3.2 Application:	35
III. Matériaux et Méthodes expérimentales	37
III.1 Les fibres utilisées :	37
Plante DISS :	37
Plante Sisal :	37
Plante Luffa :	38
III.2 Matériaux et Préparation des composites :	39
III.2.1 Préparation Le Fibre DISS :	39

III.2.2 Extraction des fibres :.....	39
III.2.3 Méthode couper les fibres :	40
III.2.3 Moulage :.....	44
III.3 Machine flexion 3point :.....	49
III.3 Les Courbes :	50
III.3.1 Les Courbes Fibre avec polyesters :.....	50
III.3.2 Les Courbes polyesters sans fibre :.....	56
Conclusion :.....	58
Essai de flexion 3 points Par programme Abaqus	60
ABAQUS C'est un logiciel de simulation de problèmes très variés en mécanique. ..	60
Etape 1 :	60
a- Choisissez :.....	60
b- Tracer L'éprouvette en utilisant l'outil rectangle.....	60
c- Dimensionner	60
d-Cliquer sur partition face sketch	61
e-Module Part.....	61
f-Tracer la support.....	62
g- Avant de créer la référence	63
Etape 2 : Module Propreté	63
Etape 3 : Module Assemblé	63
Etape 4 : Module Step.....	63
Etape 5 : interaction	64
Etape 6 : Module Load.....	64
Etape 7 : Module Mesh.....	65
Etape 8 :	65
Etape 8 :	66

Conclusion :.....	67
Conclusion Générale :.....	68

LISTE DES FIGURES

Figure I.1: Constituent d'un matériau composite	12
Figure I.2: Différentes types de matrice.	13
Figure I.3: Structures moléculaires des polymères.	14
(a) thermoplastiques, (b) thermodurcissables	14
Figure I.4: Classification schématique de Renfort	16
Figure I.5: Classification des composites selon la nature de la matrice	17
Figure I.6: Classification des renforts	18
Figure I.7: Classification des composites selon la catégorie de renfort	18
Figure I.8 : Principaux procédés de moulage.	19
Figure I.9: Différentes étapes de mise en forme par moulage fermé.....	20
Figure I.10: Schéma de principe du moulage au contact	21
Figure I.11: Méthode de projection simultanée	21
Figure I.12: Méthode de moulage par compression	22
Figure I.13: Méthode du moulage sous vide	22
Figure I.14: Principe de moulage par injection de résine	23
Figure II.1: Banc d'essai de traction.	27
Figure II.2: Test de compression.	29
Figure II.3: Banc d'essai de compression.	30

Figure II.4 : Cisaillement simple d'une poutre selon l'axe.....	31
Figure II.5: Appareil d'Essai de Cisaillement.	31
Figure II.6: Essai de flexion 3point.	33
Figure II.8: Moment quadratique de flexion.....	34
Figure II.9: Appareille FTIR.....	35
Figure III.1: Plante de DISS à l'état naturel.	37
Figure III.2: Fibre de Sisal.....	38
Figure III.3: Luffa on états verts.	38
Figure III.4: Traitement plante DISS.....	39
Figure III.5: Extraction les Fibres.....	39
Figure III.6: fibres de DISS.	40
Figure III.7: fibres de Luffa.	40
Figure III.8: fibres de Sisal.	40
Figure III.10: Dessin du moule par CATIA.....	44
Figure III.11: Moulage.....	44
Figure III.12: Les éprouvettes pourcentage les fibres 10%.	45
Figure III.13: Les éprouvettes pourcentage les fibres 15%.	46
Figure III.14: Les éprouvettes pourcentage les fibres 25%.	47
Figure III.15: Four Séchage.....	47
Figure III.16: Machine polissage.....	48
Figure III.17: Machine flexion 3point.	49
Figure III.18: éprouvette après la flexion.	49
Figure III.19: Machine flexion 3point.	56
Figure III.20: éprouvette après la flexion.	56

Figure IV.1: Module Part dessin l'éprouvette.	60
Figure IV.2: dessin l'éprouvette.	60
Figure IV.3: face sketch.	61
Figure IV.4: partition cell extrude/sweepedges.	61
Figure IV.5: Module Part dessin l'éprouvette.	62
Figure IV.6: partition cell extrude/sweepedges.	62
Figure IV.7: Module Assemblé.	63
Figure IV.8: Module MeSH.	65
Figure IV.9: Flexion par programme Abaqus.	66

LISTE DES TABLEAUX

Tableau III.1: Table de données pour la spectroscopie IR.	43
Tableau III.2: Tableau des dimensions des éprouvettes Après le polissage.	48
Tableau III.3: valeur contrainte et déformation de fibre DISS.	52
Tableau III.4: valeur contrainte et déformation de fibre Sisal.	54
Tableau III.5: valeur contrainte et déformation de fibre Luffa.	56
Tableau III.6: valeur contrainte et déformation.	57

INTRODUCTION GENERALE :

Les matériaux composites ou bio composite sont apparus depuis les années du 20ème siècle, est largement utilisé dans divers secteurs tels que la construction et l'automobile...etc. constitué d'une matrice résine et de fibres comme renfort, Sa popularité est due à plusieurs facteurs bénéfiques tels que sa disponibilité, son faible coût, sa biodégradabilité, sa faible densité, sa facilité de mise en œuvre et sa capacité à être recyclé. Ces caractéristiques sont particulièrement précieuses aujourd'hui en raison des problèmes environnementaux et des dommages causés à la santé humaine liés à l'utilisation de matériaux synthétiques.

Dans ce contexte, nous menons des expérimentations visant à étudier les propriétés mécaniques et physiques des matériaux composites en utilisant des fibres issus des plantes de (DISS, Luffa et Sisal). L'étude porte spécifiquement sur les propriétés mécaniques des composites fabriqués à partir de ces fibres, en utilisant une matrice en polyesters et en variant les tailles de fibres pour stabiliser la fraction massique du mélange.

Ce mémoire est structuré en quatre parties principales. Le premier chapitre aborde en détail les matériaux composites, en fournissant une définition de ces derniers ainsi qu'une présentation des différents types existants. Le deuxième chapitre traite des essais mécaniques, en mettant l'accent sur les différents types d'essais utilisés dans ce domaine. Le chapitre 3 se concentre sur la méthode d'extraction des fibres et la préparation des composites en vue de leur moulage, ainsi que sur l'application d'un essai de flexion en trois points sur les éprouvettes. Enfin, le chapitre 4 concerne la modélisation des éprouvettes de flexion 3 points réalisé dans le logiciel Abaqus.



I.1 Introduction:

Nous présentons, dans ce chapitre les matériaux composites en analysant leurs composants Et leurs classifications. Cette présentation donne aussi un aperçu des bio-composites, de Manière générale, et leurs différentes utilités réelles. Enfin quelques procédés de fabrication Sont.

I.2 Définition des matériaux composites:

Au sens large, un composite peut être défini comme l'assemblage de deux (ou plusieurs) Substances non perméables à l'échelle de la microstructure [1]. L'assemblage final a des Propriétés qui dépassent celles des composants. Les deux principaux composants des Matériaux composites sont la matrice et le renfort (Figure I.1) [2].

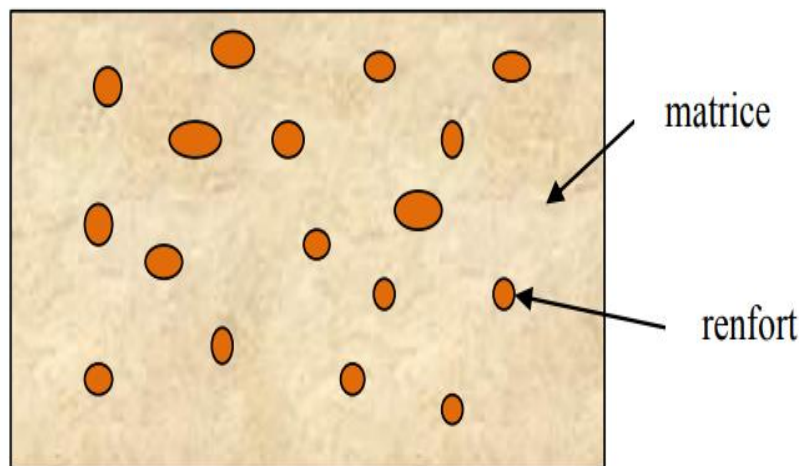


Figure I.1: Constituent d'un matériau composite [2].

Des additifs peuvent être ajoutés à ces deux composants principaux, ce qui peut modifier l'apparence ou les propriétés du matériau [3].

I.2.1 Matrice :

La matrice est l'élément qui distribue les charges appliquées au matériau, intègre et protège le renfort et donne la forme requise au produit [4]. Dans de nombreux cas, la matrice formant le matériau composite est une résine polymère. Ces dernières existent, en grand nombre, chacune avec un domaine d'utilisation particulier [3, 5]. La figure I.2



illustre la classification générale des matrices employées dans l'élaboration des matériaux composites.

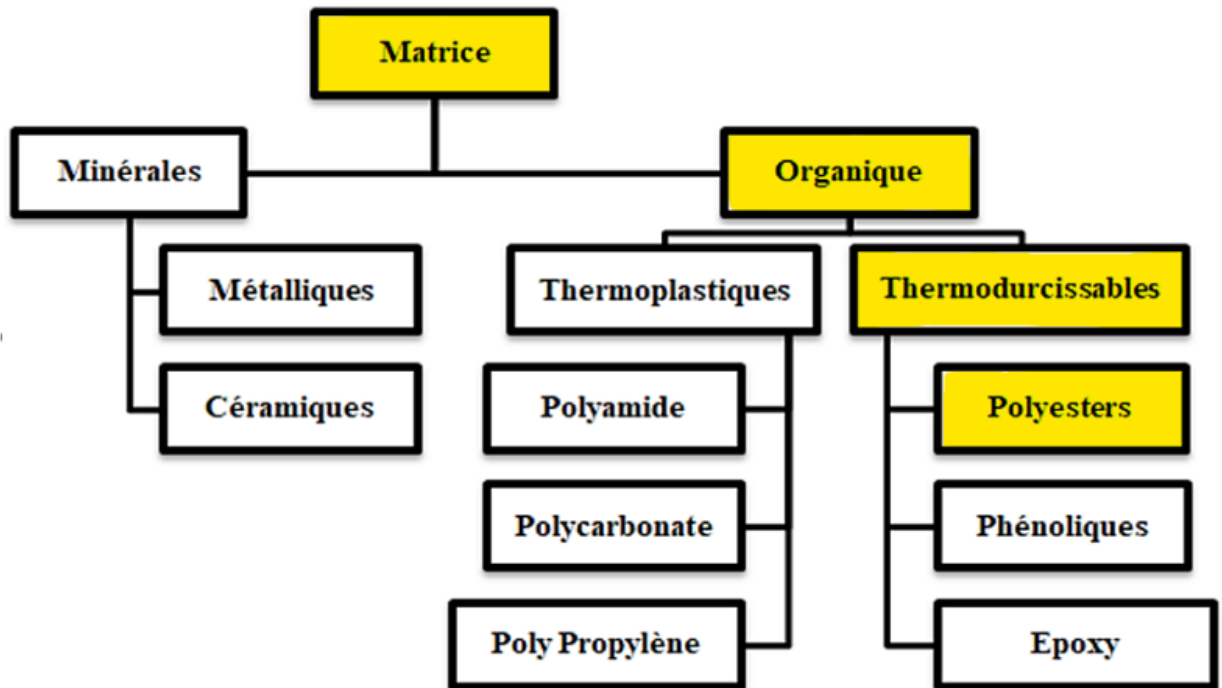


Figure I.2: Différents types de matrice [3].

I.2.1.1 Matrices minérales :

a. Métalliques : Les matériaux composites à base de matrice métallique sont constitués d'un renfort métallique (fil d'acier, particules de carbure de silicium, carbone, alumine) et d'une matrice métallique (titane, aluminium, zinc, magnésium, etc.). Cependant, l'utilisation des fibres est très compliquée en raison de la difficulté de les enrober de métal liquide. La température joue un rôle important dans les propriétés mécaniques du matériau en raison des interactions potentielles entre les renforts et la matrice. Cet aspect limite l'utilisation de ces composites pour des applications à des températures inférieures à 800°C [6].

b. Céramiques : La céramique est le matériau de matrice le plus approprié. Leur association à un renfort fibreux (au sein d'un complexe) permet de pallier leur principal inconvénient, la fragilité. Ainsi, les composites à matrice céramique peuvent être envisagés pour la fabrication à long terme des pièces de moteurs thermiques ou d'engins



spatiaux, voire pour des applications nucléaires civiles et militaires en raison de leur excellente résistivité, de leur haut module d'élasticité, de leur dureté élevée et de leur bonne inertie chimique ainsi que de leur relativement faible densité [6].

I.2.1.2 Matrice organique :

a. Matrices thermoplastiques : C'est un matériau semi-cristallin avec une phase amorphe et une quasi-phase cristalline. Les polymères thermoplastiques ont de mauvaises propriétés mécaniques. Ces polymères sont solides et nécessitent un traitement à très haute température [3, 4].

b. Matrices thermodurcissables : Les matrices thermodurcissables sont des polymères qui ne peuvent être formés qu'une seule fois mais qui ont des propriétés mécaniques et des propriétés thermomécaniques supérieures à celles des thermoplastiques [7].

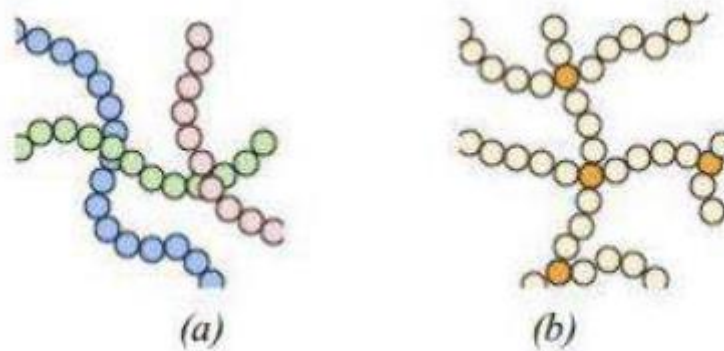


Figure I.3: Structures moléculaires des polymères.

(a) thermoplastiques, (b) thermodurcissables [8].

Les résines thermodurcissables principalement utilisées actuellement sont :

- **Résines polyesters:**

Les polyesters insaturés sont les résines les plus utilisées dans les applications GD. Elles se présentent sous la forme d'une solution polyacide plus polyalcool qui se rigidifie sous l'action d'un catalyseur et de l'action de la chaleur. Elles présentent le grand défaut d'émettre des vapeurs de styrène au cours de la polymérisation et d'être difficiles à stocker [9].



- **Résine époxyde :**

C'est la plus utilisée dans l'aéronautique ; elle présente un bon accrochage sur les fibres et de bonnes propriétés mécaniques. Elle possède de bonnes propriétés jusqu'à une température de 170°C mais elle est plus coûteuse que la résine polyesters [10].

- **Résine phénolique :**

Les résines phénoliques sont obtenues par la polycondensation du phénol et du formol ; elles présentent une très bonne tenue au feu, sans fumée (d'où leur utilisation dans le ferroviaire). Elles sont fragiles, sensibles à l'humidité, difficiles à mettre en œuvre [11]. [12].

- **Résine thermostable :**

Polymère présentant des caractéristiques mécaniques stables sous des pressions et des températures élevées appliquées de façon continue. Cette propriété est mesurée en déterminant la température que peut supporter la résine durant 2000 Heures sans perdre la moitié de ses caractéristiques mécaniques.

- **Résine vinylesters :**

Les vinylesters sont des dérivés de polyesters et d'acide acrylique ; ils ont une bonne tenue à la fatigue et un bon comportement à la corrosion mais sont combustibles [13] :

I.2.2 Fibres Végétales :

Les fibres végétales sont des structures biologiques constituées de cellulose, hémicellulose et lignine. Il contient également des extraits, des protéines et certains composés inorganiques [14]. La fibre végétale représente une ressource renouvelable et environnementale.

Types de fibres végétales

Les fibres végétales proviennent de 5 grandes origines dans les plantes [15] :

Tige : chanvre, lin, jute, ramie, kénaf et bambou

Feuille : sisal et abaca



Graine : coton et kapok

Fruit : coco

Racine : phylum camerounaise

I.3 Classification de Renfort :

Le domaine de Renfort est très large et peut être divisé en deux grandes catégories : [3]

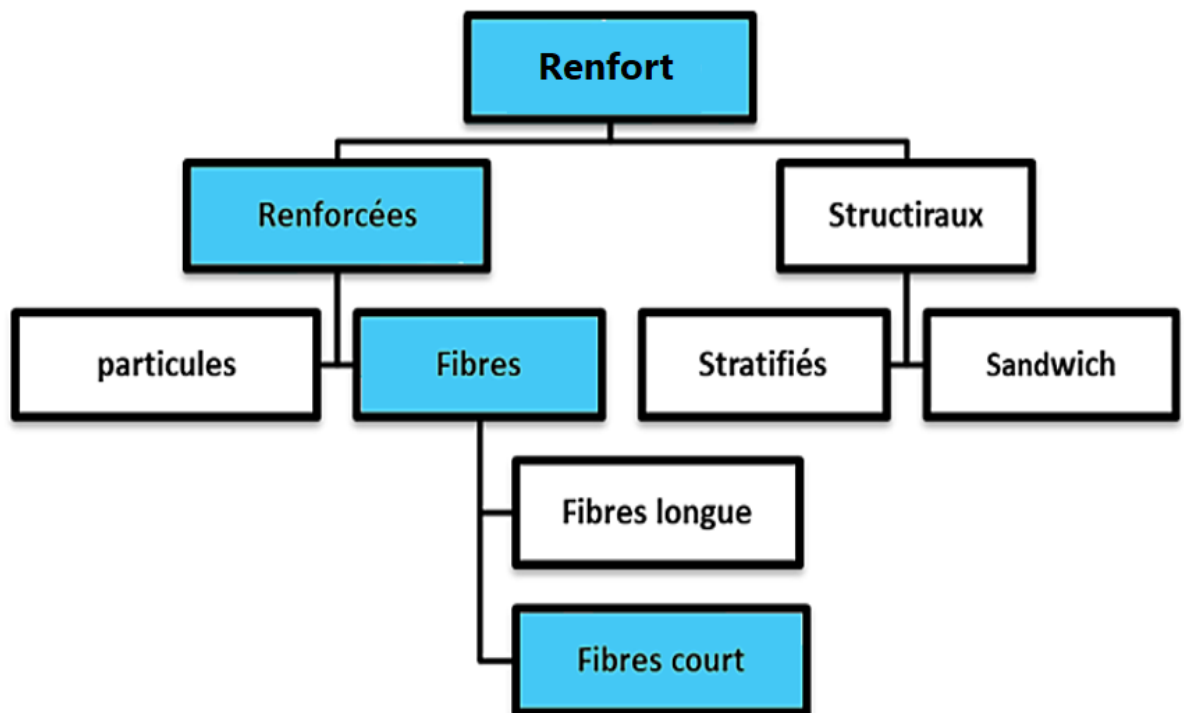


Figure I.4: Classification schématique de Renfort [3].

Notons qu'il existe aussi, dans la littérature, d'autres classifications. Chacune de ces classifications est utilisée dans un type d'étude bien approprié. Nous pouvons, dans notre situation, présenter les classifications essentielles.

I.3.1 Classification selon le type de matrice :

La majorité des matériaux composites sont transformés en une matrice polymère [16]. Mais les propriétés mécaniques des polymères ne sont pas assez élevées pour une application structurale, il est donc avantageux de les améliorer avec un facteur croissant



[17]. Selon le type de matrice employée et d'une manière générale, les matériaux composites sont classés en trois catégories [18] :

- 1) Les composites à matrice organique.
- 2) Les composites à matrice métallique.
- 3) Les composites à matrices naturelle.

Ainsi, la figure I.5 présente la typologie de ces trois genres de matrice.

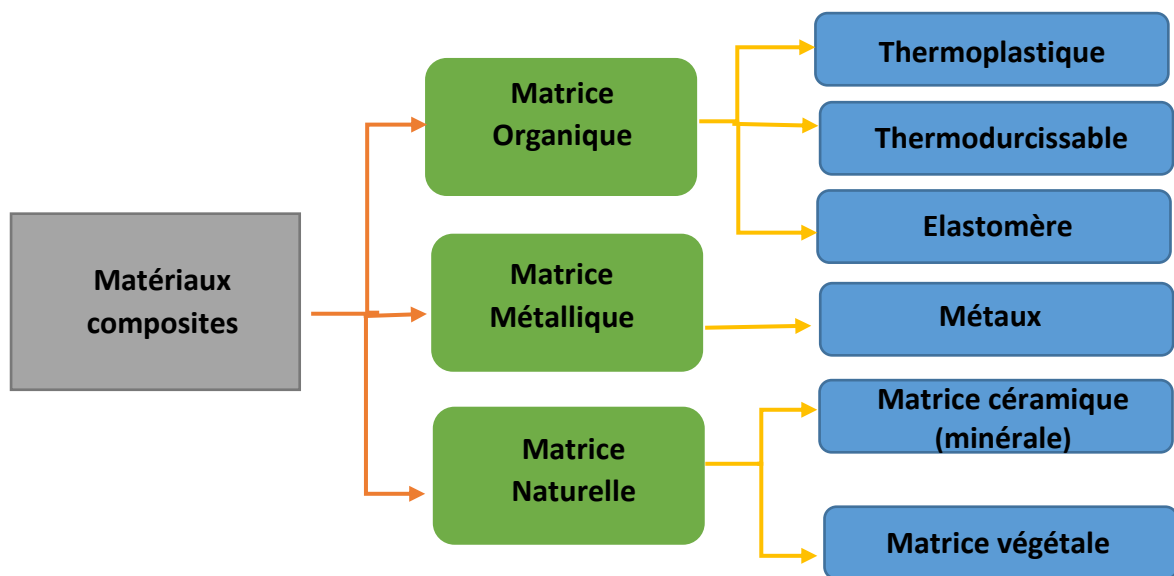


Figure I.5: Classification des composites selon la nature de la matrice [18].

I.4 Renforts :

Les renforts assurent les propriétés mécaniques du matériau composite (rigidité, résistance à la rupture, dureté, etc.) et d'améliorer des propriétés physiques et mécaniques de matériau composite.

La matrice est renforcée avec différents renforts en termes d'origine (animale, végétale, synthétique, etc.) ou de forme.

Les renforts peuvent être classés en deux catégories : renforts inorganiques et renforts organiques. La figure I.6 représente la classification des types de renforts couramment rencontrés.

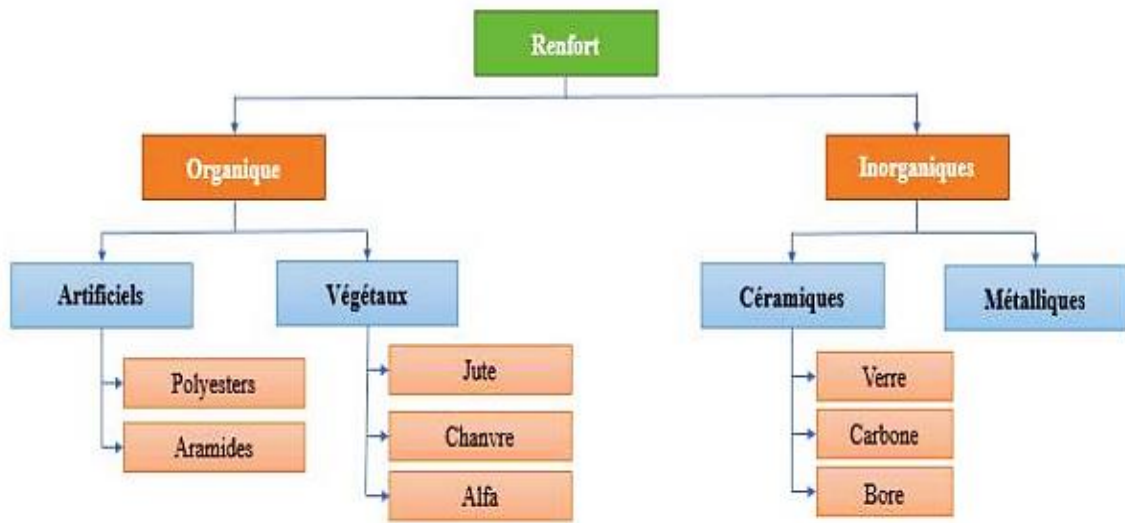


Figure I.6: Classification des renforts [19].

I.4.1 Classification selon la catégorie du renfort :

Les composites fibreux peuvent être classés en deux catégories des fibres : fibres inorganiques et fibres organique.

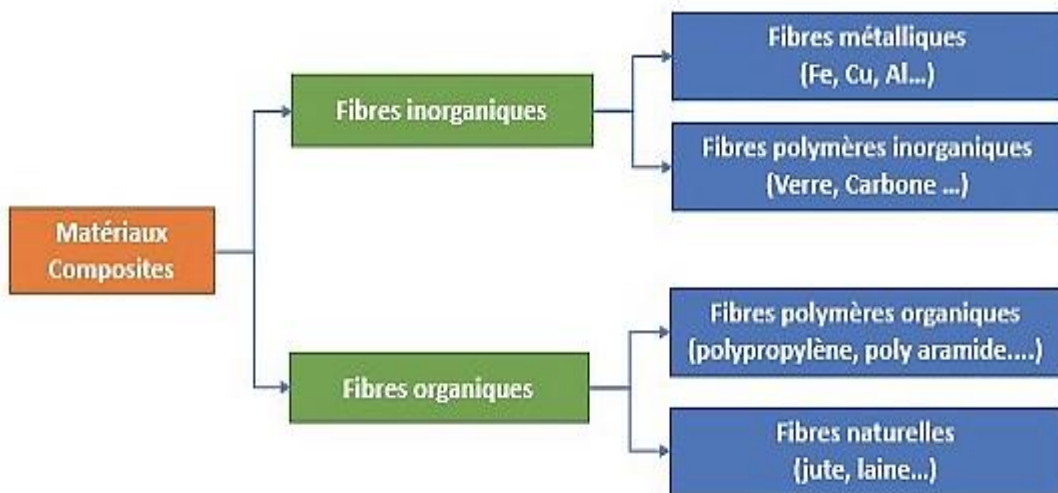


Figure I.7: Classification des composites selon la catégorie de renfort [8].



I.5 Matériaux bio-composites :

Ces matériaux composites sont basés sur le composant biologique (bio-booster ou matrice biologique, ou les deux). En effet, ils sont respectueux de l'environnement, durables et entièrement biodégradables [20]. En fin de cycle, il peut être recyclé ou synthétisé sans causer de toxicité environnementale [18].

I.6 Procédés de fabrication par moulage :

A cause de leur souplesse, les fibres peuvent être rangées ou bobinées dans des directions diverses afin de mieux supporter les contraintes directionnelles que la structure subira au cours du travail. Il existe différentes techniques qui sont représentées dans la figure 18.

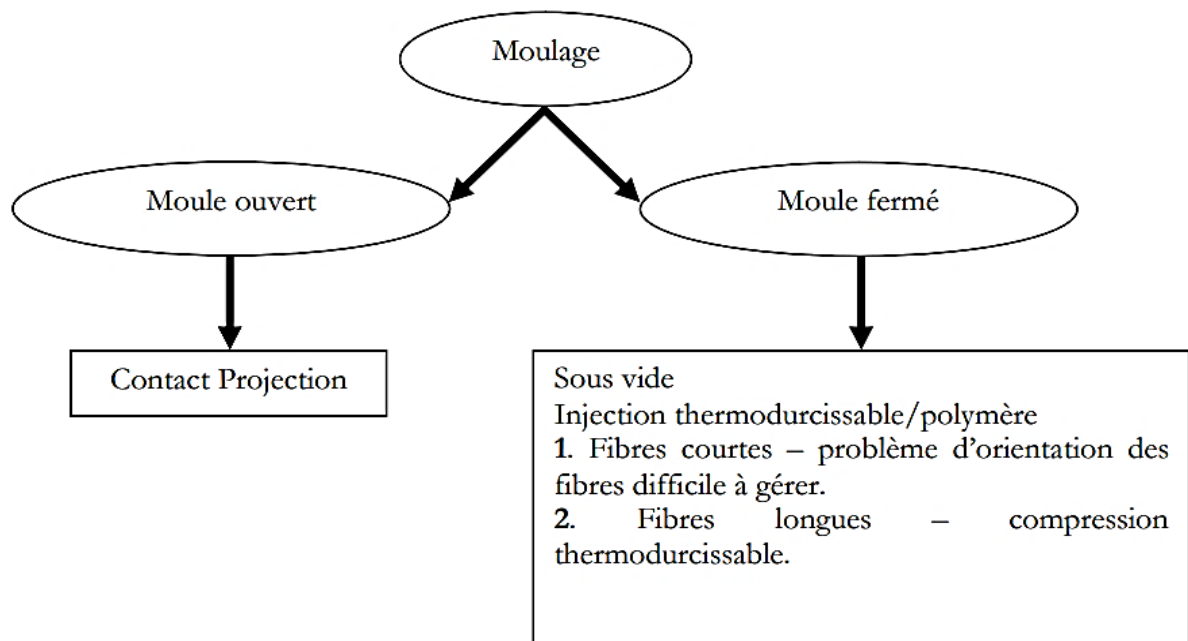


Figure I.8 : Principaux procédés de moulage.

Nous retiendrons le formage par moulage des composites à renfort fibreux et à matrice résineuse. Les différentes étapes de fabrication sont illustrées dans la figure I.9.

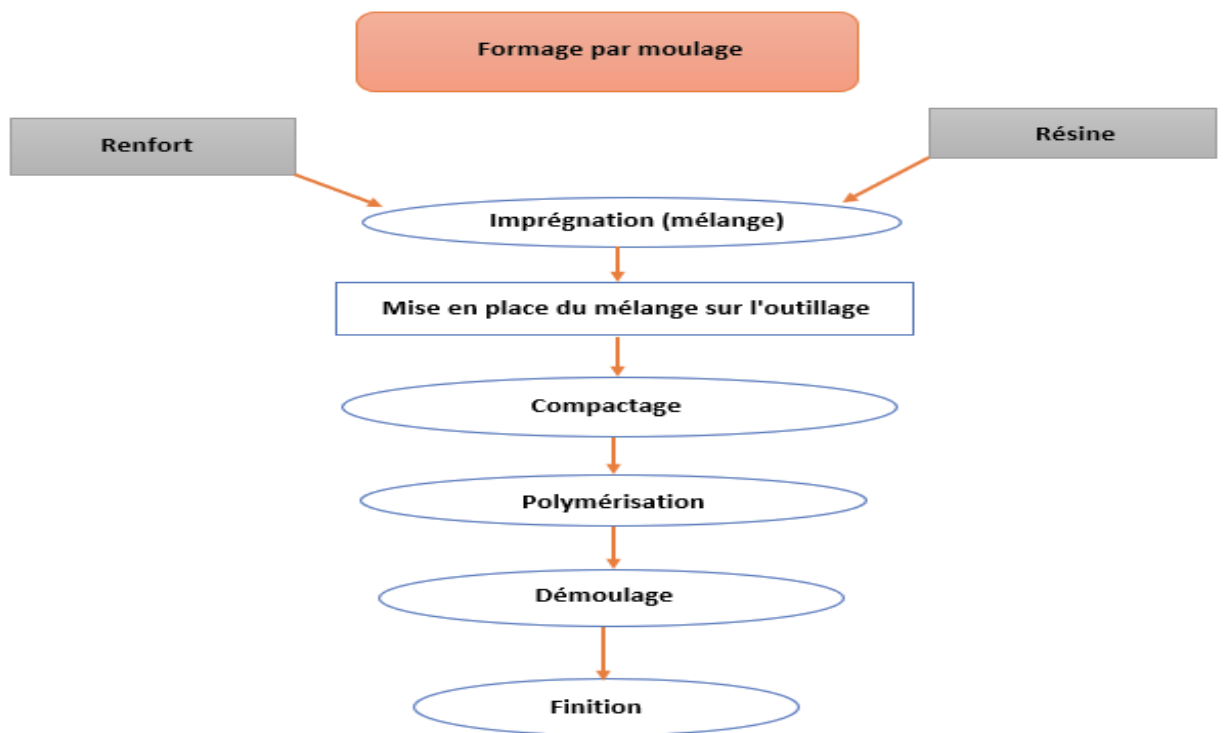


Figure I.9: Différentes étapes de mise en forme par moulage fermé.

On dispose le mélange renfort dans un moule après qu'il soit imprégné de résine, puis, on procède au compactage de l'ensemble pour chasser l'air restant.

Le mélange renfort résine ne devient un véritable matériau composite qu'après la phase de durcissement (réticulation) de la matrice, pendant laquelle cette dernière passe de l'état liquide à l'état solide par apport d'énergie. Le comportement thermique des thermoplastiques est comparable à celui des métaux, par contre les thermodurcissables, à la température de leur injection dans le moule, atteignent une phase pâteuse puis subissent une transformation chimique interne irréversible qui durcit définitivement la matrice [9].

I.7 Classification à base de la structure composite :

I.7.1 Moulage au contact :

Cette technique consiste à déposer sur la forme (le moule) une couche d'agent démoulant pour pouvoir récupérer le composite et avoir une surface lisse Figure I.10. [18]. Une phase de déballage, à l'aide d'un rouleau est nécessaire afin d'éliminer les inclusions d'air dans la pièce [1].

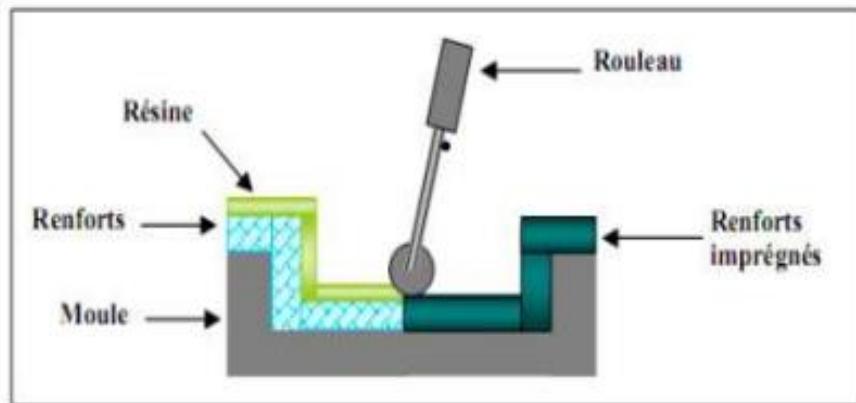


Figure I.10: Schéma de principe du moulage au contact [18].

I.7.2 Moulage par projection :

Dans cette méthode, la résine et les fibres de renfort coupées sont projetées simultanément au moyen d'un pistolet sur une forme.

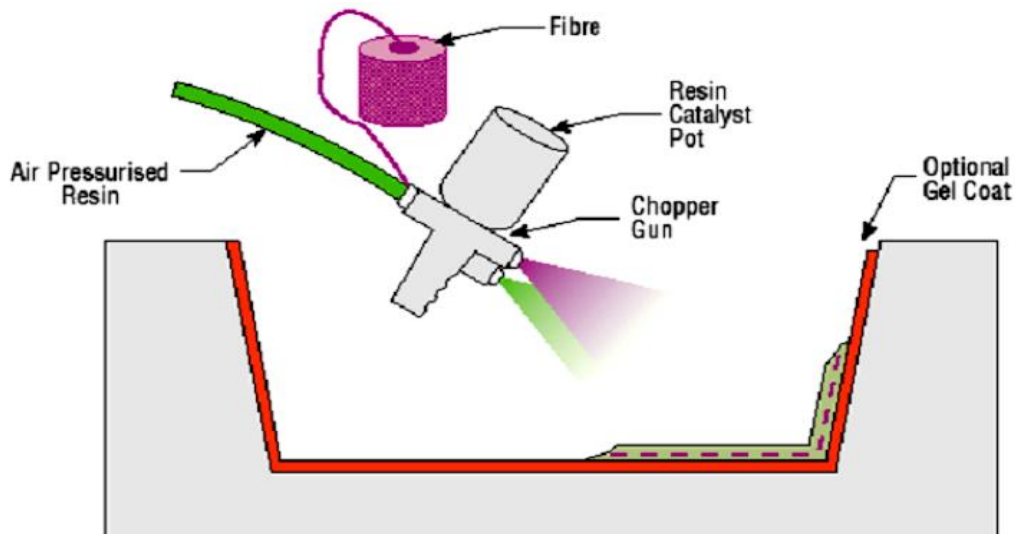


Figure I.11: Méthode de projection simultanée [21].

I.7.3 Moulage par compression :

Le moulage par compression est l'un des procédés les plus économiques pour la production de grandes séries de pièces de petites et de moyennes dimensions. Dans ce



procédé, on place une préforme de compound de moulage (résine, renfort, catalyseur et additifs déjà prémélangés dans des proportions optimales) dans la cavité d'un moule chauffé, et ensuite on la presse aux dimensions finales. On utilise des pressions qui vont de 0.5 à 15 MPa.

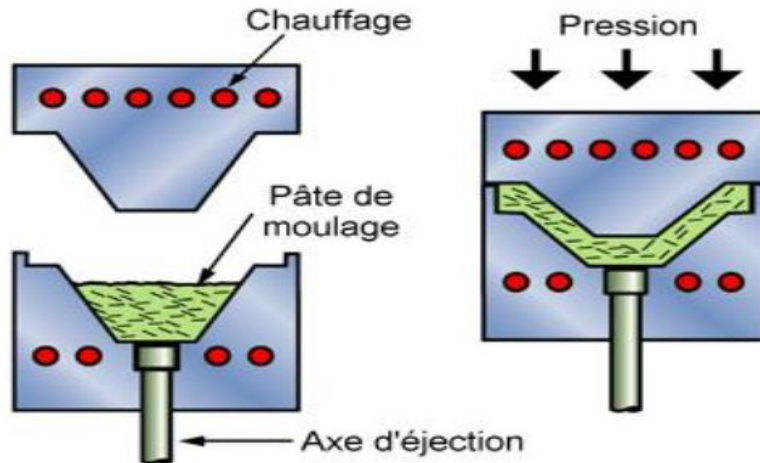


Figure I.12: Méthode de moulage par compression [22].

I.7.4 Moulage sous vide :

Les renforts fibreux sont placés à sec sur un film démoulant qui épouse les formes du moule. Une membrane souple joue le rôle de contre-moule et assure l'étanchéité. Le vide créé permet à la résine de se diffuser dans les renforts fibreux et cavités. Cette méthode pourrait être combinée avec un système de chauffage qui servirait à polymériser la résine. Aux conditions ambiantes, la pression qui fait couler la résine est égale à la pression atmosphérique de 1 ATM.

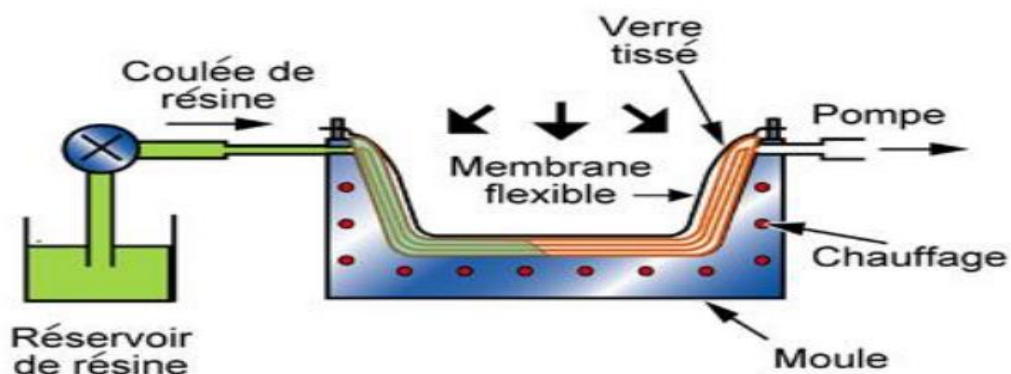


Figure I.13: Méthode du moulage sous vide [22].



I.7.5 Le RTM (Résine Transfer Moulding) :

C'est une technique de fabrication de pièces en matériaux composites. Il s'agit d'un procédé industriel d'injection de résine liquide sous basse pression dans un moule solide et étanche [8]. Le renfort est placé dans le moule, une fois scellé, la résine, précipitée et catalyseur, est injectée sous pression réduite à travers le renfort jusqu'à ce que la cavité soit complètement remplie [18].

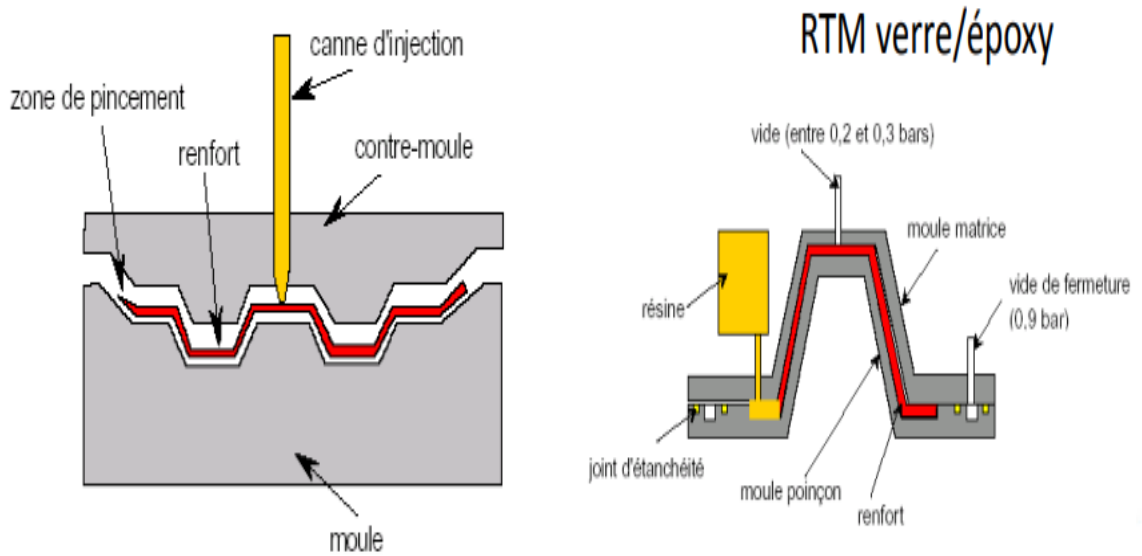


Figure I.14: Principe de moulage par injection de résine [18].

Reference :

- [1] MOUSSAOUI Anouar. Effet des traitements chimiques sur les propriétés mécaniques des composites polychlorures de vinyle/fibre de palmier. Mémoire de magister. Université Mohamed Khider de Biskra 2020.
- [2] J.M. Berthelot. Composite Materials: Mechanical Behavior and Structural Analysis. Springer New York. 1999.
- [3] NINOUH Lasaad. Caractérisation d'un bio-composite polypropylène/fibres de palmier dattier en flexion trois points. Mémoire de Master. Université Mohamed Khider de Biskra 2019.
- [4] GORNET Laurent. Généralités sur les matériaux composites. Mémoire de magister. Engineering school.
- [5] Yosr BEN MLIK. Valorisation des fibres de kénaf dans des applications textiles et para textiles. Thèse de doctorat. Université de Monastir. Mémoire de magister 2008.
- [6] LEDAIN Olivier. Elaboration de matrices céramiques par un nouveau procédé hybride : imprégnation de poudres et CVI réactive. Thèse de doctorat. Université de Bordeaux, 2014. Français.
- [7] RAGOUBI Mohamed. 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 2010.
- [8] Djoudi, T., Elaboration et caractérisation de composites bio-sourcés à base de fibres de palmier dattier. 2019, Université Mohamed Khider-Biskra.
- [9] Narayanan S., Schadler L.S., « Mechanisms of Kink-band Formation in Graphite/Epoxy Composites: A Micromechanical Experimental Study », Composite Materials and Technology, vol. 59, (1999), pp. 2201-2213.
- [10] Karkanis P.I., Partridge I.K., Attwood D., « Modeling the Cure of a Commercial Epoxy Resin for Applications in Résine Transfer Moulding », Polymer International, vol. 41, (1996), pp. 183-191.
- [11] Potter K., « Beyond the Pin Jointed Net: Maximising the Deformability of Aligned Continuous Fibre Reinforcements », Composites Part A Applied Science and Manufacturing, vol. 33, (2002), pp. 677-683.
- [12] Wang J., Page J.R., Patod R., « Expérimental Investigation of the Draping Properties of Reinforcement Fabrics », Composites Science and Technology, vol. 58, (1998), pp. 229-231.
- [13] Escola M.A., Moína C.A., Nino Gomez A.C., Ybarra G.O., « The Determination of the Degree of Cure in Epoxy Paints by Infrared Spectroscopy », Polymer Testing, vol. 24, (2005), pp. 572-575.

- [14] M BERGES Michae. Mécanismes de dégradation sous sollicitations hydro thermomécaniques de bio composites et renforts en fibres végétales : application au développement de mobiliers urbains ultralégers et mobiles. Thèse de doctorat. Université Bourgogne France 2018.
- [15] Michel Bourgeois. Fibres agro sources, Techniques de l'Ingénieur, n2520, 2011.
- [16] BEDDIAR Mohammed Ismail, HERAIZ Hocine. Élaboration et caractérisation des bio composites à matrice polyéthylène (PE) renforcées par des fibres végétales. Mémoire de magister. Université Mohamed Boudiaf - M'sila 2018.
- [17] PROMBUT Pongtorn. Caractérisation de la propagation de délaminage des stratifiés composites multidirectionnels. Thèse de doctorat. Université Toulouse III 2007.
- [18] GOUDJIL Thamar Mohamed. Comportement d'un composite PP/ Fibres de palmier dattier à l'essai de traction. Mémoire de magister. Université Mohamed Khider de Biskra 2020.
- [19] Michaud, F., Rhéologie de panneaux composites bois/thermoplastiques sous chargement thermomécanique : aptitude au post formage. 2003.
- [20] Amaury Lepetit. Élaboration de matériaux composites à base de filaments de cellulose et de polyéthylène. Thèse de doctorat. Université du Québec à Trois-Rivières .30/08/2017
- [21] R.P.C. Decathlon. Les matériaux composites dans l'industrie des sports et loisirs. Congrès RFIS, 2005.
- [22] <http://www.ac-nice.fr/>



II.1 Introduction :

Pour tester les performances de n'importe quelle structure (métallique ou non métallique), on lui fait subir un certain nombre d'essais mécaniques, de traction (ou compression), de torsion, de cisaillement et de flexion.

Pour réaliser ces essais, on a besoin d'utiliser différents types de machines qui sont le banc d'essai de traction-compression, le banc d'essai de flexion et le banc d'essai de cisaillement .

II.2 Les différents types de bancs d'essai des poutres :

II.2.1 Le banc de traction :

II.2.1.a Définition :

La traction est une force appliquée par des moyens mécaniques solides (forces de frottement, appliquées directement, etc.). Contrairement à une idée répandue dans le milieu de l'automobile, cela n'a rien à voir avec la position du point d'application de la force par opposition au centre de masse, et la traction ne s'oppose pas à la propulsion qui serait appliquée à l'arrière. La propulsion est simplement une généralisation de la notion de traction, quand les forces ne s'appliquent pas forcément entre des solides.

En résistance des matériaux, la traction est une sollicitation qui consiste à tirer sur une poutre droite. Le contraire de la traction est la compression[1] .

II.2.1.b L'essai de traction :

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

Certains objets manufacturés doivent avoir un minimum de solidité pour pouvoir supporter les charges, le poids et bien d'autres efforts. L'essai de traction permet de caractériser les matériaux, indépendamment de la forme de l'objet sollicité, ou la performance d'un assemblage mécanique. Comme tout essai mécanique, l'essai de traction reproduit une sollicitation simple, donc éloignée des sollicitations réelles, mais facilement maîtrisables et reproductibles. [1]

Cet essai ou expérience consiste à placer une petite barre 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 déformation Et contrainte.

L'essai de traction donne plusieurs valeurs importantes:

- Le module de Young, E, ou module d'élasticité longitudinal ,exprimé en Mégapascals (MPa) ou en Gigapascals (GPa);
- La limite d'élasticité (lorsqu'elle existe), R_e , σ_e ou σ_y , qui sert à caractériser un domaine conventionnel de

Réversibilité;

- La résistance à la traction R_m ou σ_m , qui définit la limite à la rupture;
- L'allongement à la rupture A, qui mesure la capacité d'un matériau à S'allonger sous chargement avant sa rupture. Propriété intéressante dans certaines applications.
- Le coefficient de Poisson, qui correspond à la fraction (ou le pourcentage) de déformation transversale divisée par la fraction (ou le Pourcentage) de déformation axiale.

II.2.1.c Banc d'essai de traction :

1- bâti

2- traverse mobile

3- cadre

4- mandrin supérieur

5- mandrin inférieur

6- pc de commande

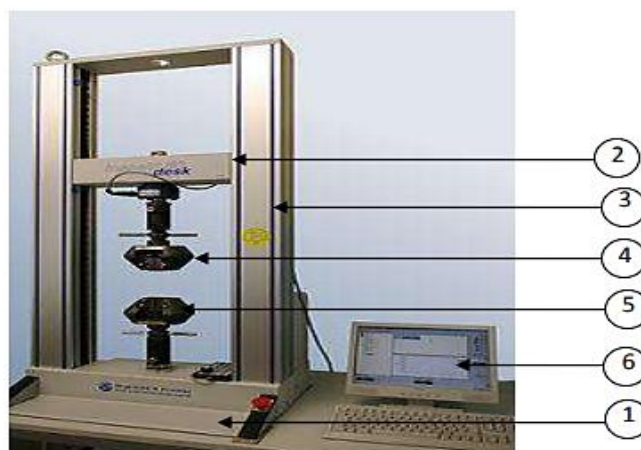


Figure II.1: Banc d'essai de traction.

Les caractéristiques mécaniques déterminées par l'essai de traction sont.



- **Le module d'Young :**

C'est le facteur de proportionnalité entre la contrainte σ et ε la déformation [2,3].
Est représenté dans l'équation (II. 1)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{F}{S \cdot \Delta L} \cdot L_0 \dots\dots\dots (II. 1)$$

Avec

- E : Module d'élasticité (MPa).
- σ : Contrainte (N/m²).
- ε : Déformation (%).
- L₀ : Distance entre mords (mm).
- ΔL : L'allongement des éprouvettes (mm).
- S : : Surface ou section (mm²).
- F : : la force en (N).

- **La contrainte de la rupture :**

C'est la charge de traction supportée par l'éprouvette à l'instant de sa rupture par unité de surface [2,3]. Elle est donnée par la relation (II. 2).

$$\sigma_r = \frac{F}{S} \dots\dots\dots (II. 2).$$

Avec

- F : Force de traction (N).
- S : Section rompue (mm²).
- σ : Contrainte de rupture (GPa).

- **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 [2,3]. Il est indiqué en pourcentage comme illustrée dans l'équation (II. 3)

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} (\%) \dots\dots\dots (II. 3)$$

Avec

- ΔL : ($L - L_0$) Allongement à la rupture.
- L_0 : Longueur initiale de l'éprouvette.
- L : Longueur finale de l'éprouvette.

II.2.2 Le banc de Compression :

II.2.2.a Définition:

La compression est une contrainte mécanique équivalente à l'action d'une force qui exerce une pression à chaque extrémité d'un cylindre ou d'une poutre rectiligne.

II.2.2.b L'essai de compression:

L'essai de compression consiste à soumettre une éprouvette de forme cylindrique ,placée entre les plateaux d'une presse, à deux forces axiales opposées .

Si le matériau étudié est ductile, la rupture ne peut être atteinte avec ce test . L'essai de compression est surtout utilisé pour déterminer la contrainte de rupture des matériaux fragiles (comme les céramiques) qui sont difficiles à usiner pour un essai de traction.

Tout comme les essais de traction et de flexion, les essais de compression sont une manière commune de déterminer les propriétés des matériaux plastiques (non renforcés ou renforcés). Cet essai est utile pour déterminer le module d'élasticité, la contrainte d'élasticité, la résistance à la compression et la déformation au-delà de la limite d'élasticité.

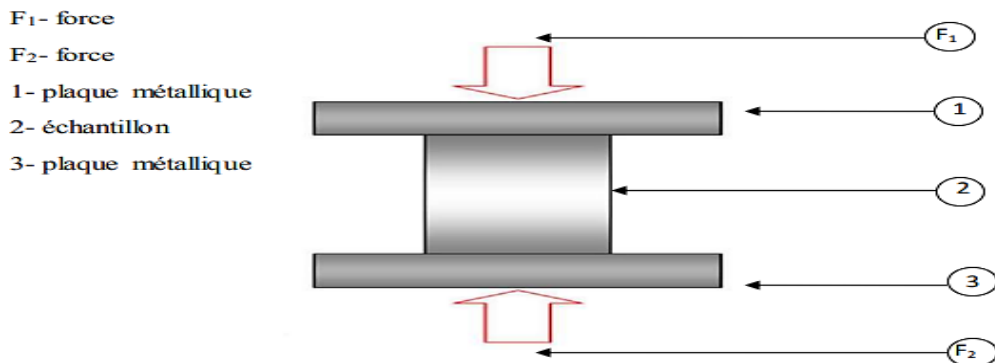


Figure II.2: Test de compression.

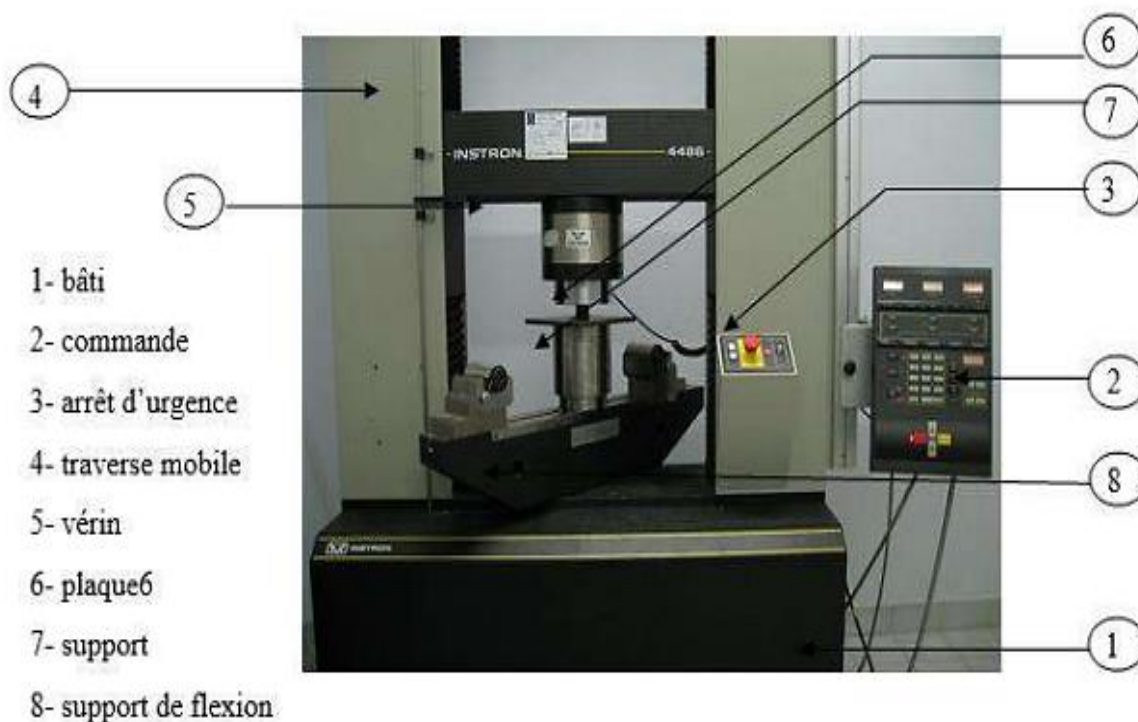


Figure II.3: Banc d'essai de compression.

La résistance à la compression définie par la relation (II. 4)

$$\sigma = E \times \varepsilon \dots \dots \dots (II. 4)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \frac{L' - L}{L} \dots \dots \dots (II. 5)$$

$$R_c = \frac{F}{S} \dots \dots \dots (II. 6)$$

Avec

- R_c : La résistance à la compression.
- F : la force maximale en (N).
- σ : contrainte (pa)
- E : module de Young (N/m²)
- ε : déformation
- S : la section de l'éprouvette en (mm²).



II.2.3 Le banc de cisaillement :

II.2.3.a Définition :

On a du cisaillement simple lorsque l'on applique deux forces T et $-T$ perpendiculairement à l'axe, les points d'application étant légèrement décalées (d'une quantité notée d sur la Figure II.4 : s'ils sont au droit (à la même abscisse), on a du pincement, et s'ils sont très éloignés, on a de la flexion. On remarque au passage qu'il en résulte un moment de couple $T \times d$, qui doit être compensé par ailleurs, c'est ce couple qui crée de la flexion si d est important et qui différencie le cisaillement pur (cisaillement théorique dont le torseur de cohésion ne contient qu'un effort tranchant) du cisaillement simple (qui lui contient un moment de flexion) [4].

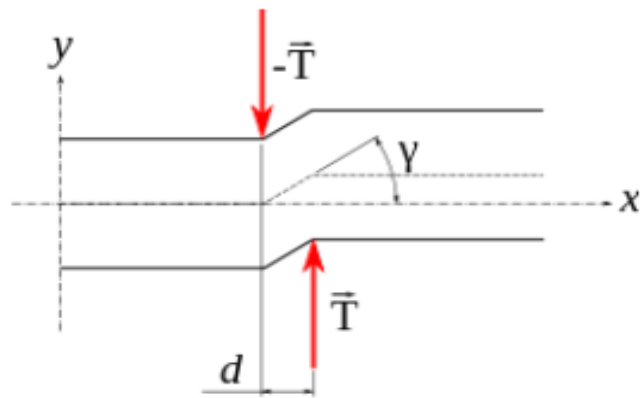


Figure II.4 : Cisaillement simple d'une poutre selon l'axe.

II.2.3.b Banc d'essai de cisaillement :

- 1- plaque de fixation
- 2- cylindre
- 3- bâti
- 4- support

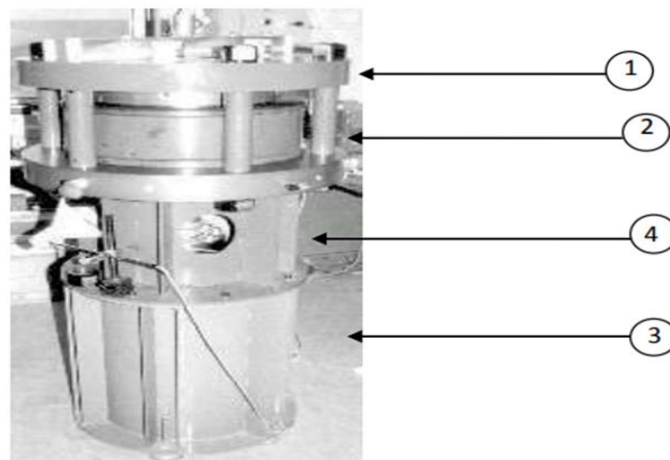


Figure II.5: Appareil d'Essai de Cisaillement.



Le cisaillement simple a lieu entre les points d'application de la force.

$$\tau = \frac{T}{S} \dots \dots \dots (II. 7)$$

Où S est l'aire de la section droite.

T : effort de cisaillement

La matière reste dans le domaine élastique tant que le cisaillement vérifie : $\tau \leq \text{Reg.}$

II.2.4 Le banc de flexion :

II.2.4.a Définition :

La flexion est la déformation d'un objet qui se traduit par une courbure. Dans le cas d'une poutre ,Elle tend à rapprocher les deux extrémités de la poutre. Dans le cas d'une plaque, elle tend à Rapprocher deux points diamétralement opposés sous l'action d'un chargement. [5]

II.2.4.b L'essai de flexion :

La flexion provoque une distribution de contraintes présentant à la fois un Gradient et une répartition de contraintes de traction et de compression de part et d'autre De la fibre neutre.

L'essai de flexion détermine l'aptitude à la déformation d'un matériau sur deux Appuis avec une application de l'effort à mi-distance.

On impose à une éprouvette normalisée une déformation, ou flèche, à vitesse de Déformation constante, et on mesure la force qu'oppose l'éprouvette à cette déformation.

Cet essai permet de connaître:

- Le comportement mécanique du matériau.
- Les propriétés du matériau.
- Les valeurs des caractéristiques du matériau.

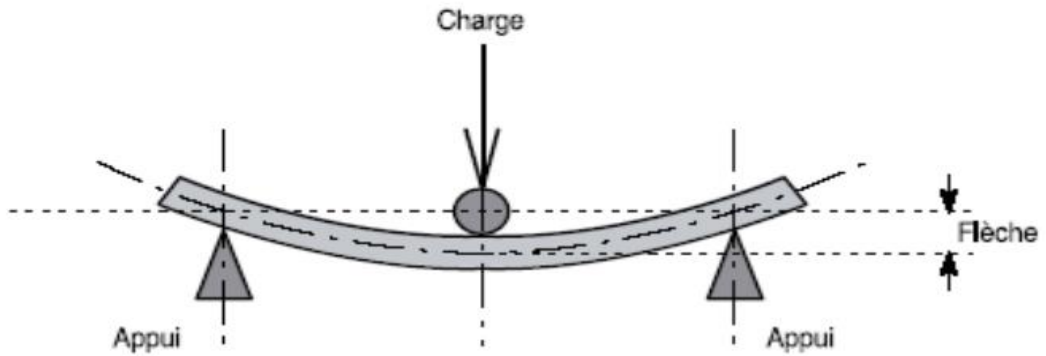


Figure II.6: Essai de flexion 3point.

II.2.4.c Banc d'essai de flexion :

Machine d'essai assurant une vitesse de chargement constante : 2mm/mn et qui permet de mesurer la charge exercée avec une précision de 1% au moins.

Dans le laboratoire où on va effectuer les essais la machine d'essai est une machine universelle elle est constituée d'un bâti rigide qui comprend une traverse fixe à laquelle est fixée la base du montage de flexion sur laquelle repose l'éprouvette. La panne du complément du montage qui va appuyer sur l'éprouvette est fixée à une traverse mobile. [5]

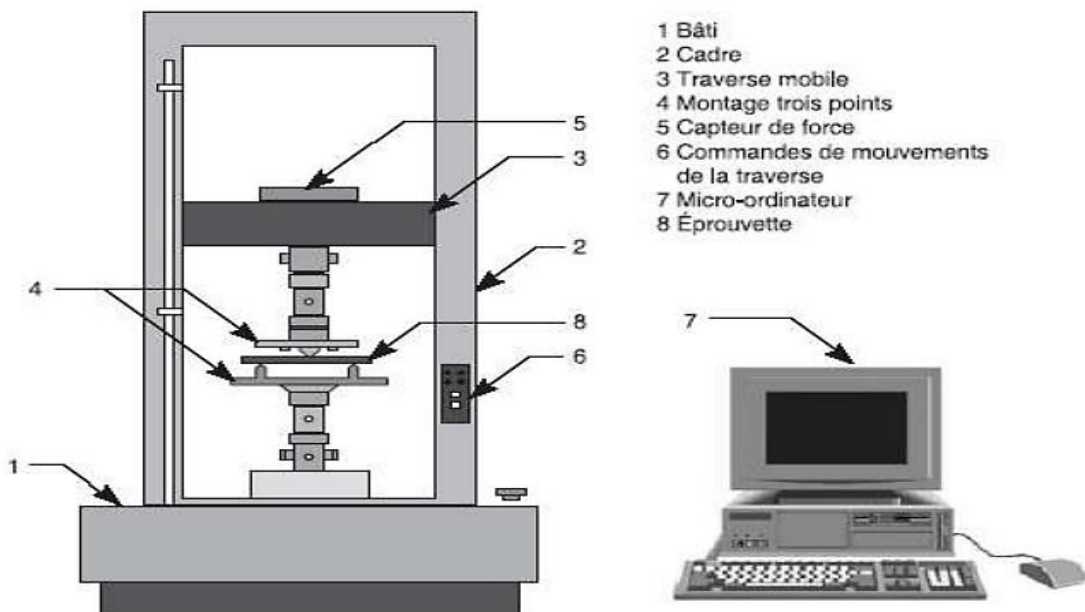


Figure II.7: Banc d'essai de flexion



$$\sigma = \frac{MF}{IGZ} \dots \dots \dots (II. 8)$$

$$IGZ = \frac{b}{12}h^3 \dots \dots \dots (II. 9)$$

$$V = \frac{h}{2} \dots \dots \dots (II. 10)$$

Moment quadratique de flexion :

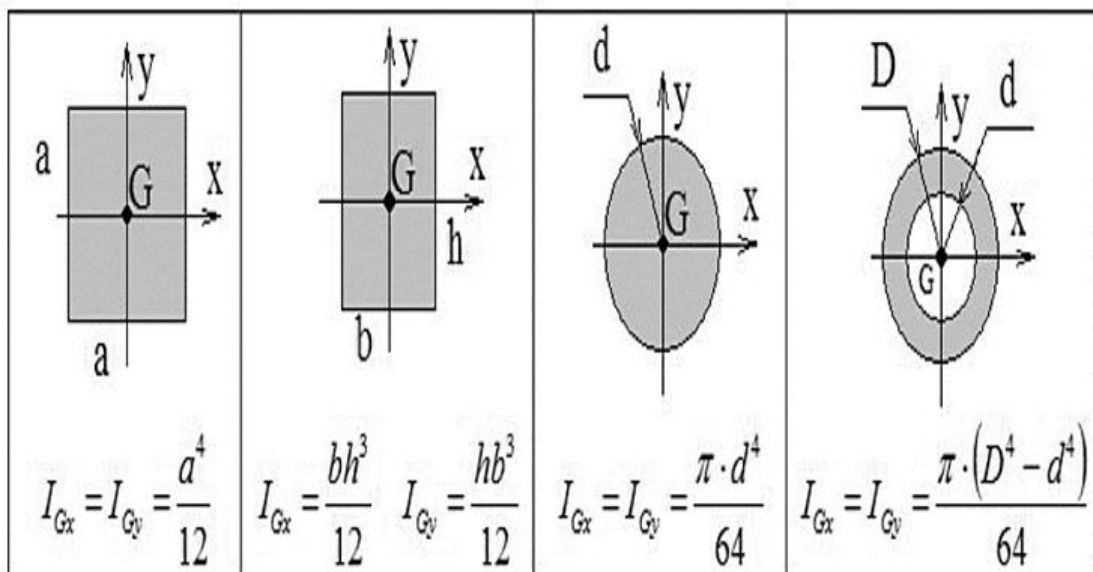


Figure II.8: Moment quadratique de flexion.

II.3. La spectroscopie infrarouge FTIR:

III.3.1 Définition:

La FTIR est basée sur l'absorption d'un rayonnement infrarouge par le matériau analysé.

Elle permet via la détection des vibrations caractéristiques d'identifier les fonctions chimiques présentes.

Les mesures par transformée de Fourier des absorbances permet d'en effectuer le dosage à des teneurs et quantités de matières très faibles. On accède ainsi directement

à la structure moléculaire des matériaux analysés. Les différents montages disponibles permettent d'analyser pratiquement tout type de matériaux. [6]

III.3.2 Application:

- Identification de produits, de matériaux, de contaminations (problématiques d'adhésion ; de corrosion...).
- Analyse de couches minces sur substrats opaques ou transparents.
- Analyse de poudres.
- Analyse en mode réflexion ou en mode transmission (ATR).
- Analyse localisée (100 μm x 100 μm) en mode microscopie.
- Domaines d'application : électronique, aéronautique, automobile



Figure II.9: Appareille FTIR.

Cette analyse repose essentiellement sur la spectroscopie infrarouge qui fournit des informations très précieuses sur la structure moléculaire du polymère étudié. [6]

Reference :

[1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Essai_de_traction.

[2] N. T. Doyen, « Etude expérimentale et numérique du comportement thermomécanique de matériaux réfractaires modèles », Thèse de doctorat, Université de Limoges, 2003, p133.

[3] A. Fadel, « Influence des diverses modifications du Genêt d'Espagne sur les propriétés mécaniques, rhéologiques et thermiques de composites à matrice thermoplastique », Diplôme de magister, Université Sétif1, 2014, p106.

[4] https://fr.wikipedia.org/wiki/Contrainte_de_cisaillement#Cisaillement_simple.

[5] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Flexion_\(mat%C3%A9riau\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Flexion_(mat%C3%A9riau)).

[6] GASMI Bouthayna Influence du vieillissement naturel et artificiel sur les propriétés mécaniques du polyamide PA 6-6. Mémoire de fin d'étude Pour l'obtention du diplôme de Master. Université du 8 mai 1945 Guelma.



III. Matériaux et Méthodes expérimentales

III.1 Les fibres utilisées :

Dans ce travail de mémoire on a utilisé trois types de fibres naturelles à savoir : DISS, Luffa et Sisal, pour le DISS sont dispensable dans notre région (Sidi Ameer, Boussaâda) par contre la fibre de Sisal et fibre Luffa est importée par les commerçants, le choix de cette dernière permet de faire une étude comparative par rapport aux fibres locale.

Plante DISS :

Le DISS utilisé a été cueilli du la région wilaya de M'sila - et se trouve à l'état sauvage, c'est une plante annuelle, et très répandue sur toute la côte algérienne. Longueur de la plante DISS (30 – 50) mm



Figure III.1: Plante de DISS à l'état naturel.

Plante Sisal :

Le sisal est une plante vivace constituée par une rosette de grandes feuilles à section triangulaire allant jusqu'à 2 m de long Figure III. 2. Il s'agit d'une plante tropicale, principalement cultivé en Amérique du sud et en Afrique. La longueur moyenne de ces fibres est de 3 mm La Figure III. 2. représente la fibre de jute.[1]



Figure III.2: Fibre de Sisal [1].

Plante Luffa :

Originnaire d'inde. Il est aujourd'hui cultivé en Inde, en Asie du sud-Est, en Chine et au Japon ,il est souvent cultivé pour servir de textile voire d'éponge.[2]

Appartient à la famille du potiron (cucurbitacées). C'est une plante grimpante tropicale vigoureuse dont les fruits cylindriques, allongés, à cotes saillantes, de couleur vert foncé ou vert clair, atteignent 30 à 60 cm.



Figure III.3: Luffa on états verts.



III.2 Matériaux et Préparation des composites :

III.2.1 Préparation Le Fibre DISS :

On met une plante dans de l'eau chaude pendant deux jours pour pouvoir sortir les fibres.



Figure III.4: Préparation Le Fibre DISS.

III.2.2 Extraction des fibres :

Our extraire les fibres, nous avons utilisé peigne et On frotte le peigne sur la plante Les fibres obtenues sont nommées fibres traitées (**Figure III. 5**).



Figure III.5: Extraction les Fibres.

III.2.3 Méthode couper les fibres :

Après Séchage Nous faisons couper à l'aide des ciseaux les fibres en petits morceaux qui varient entre 1 mm à 2 mm



Figure III.6: fibres de DISS.

De la même méthode Nous faisons couper les Fibres Luffa, Sisal.



Figure III.7: fibres de Luffa.

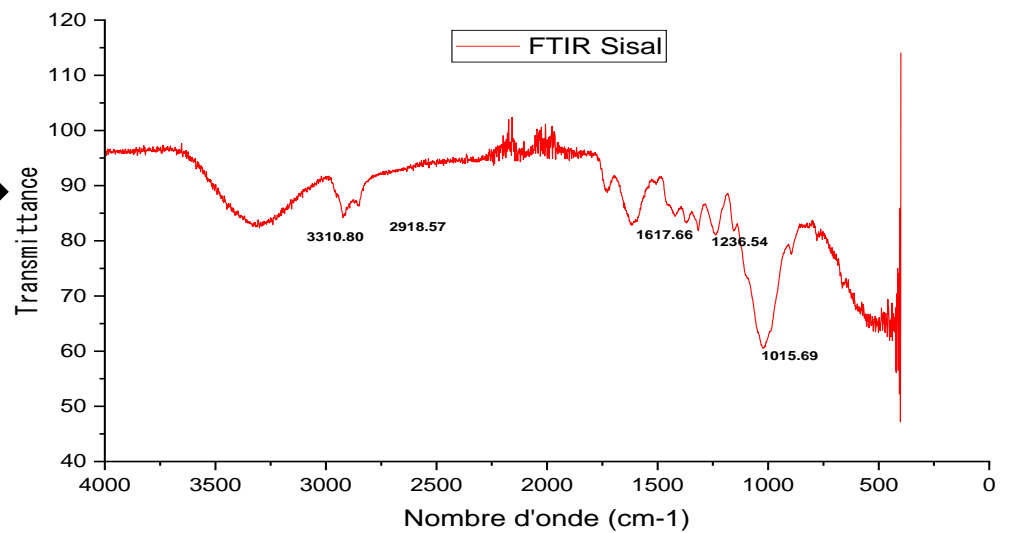
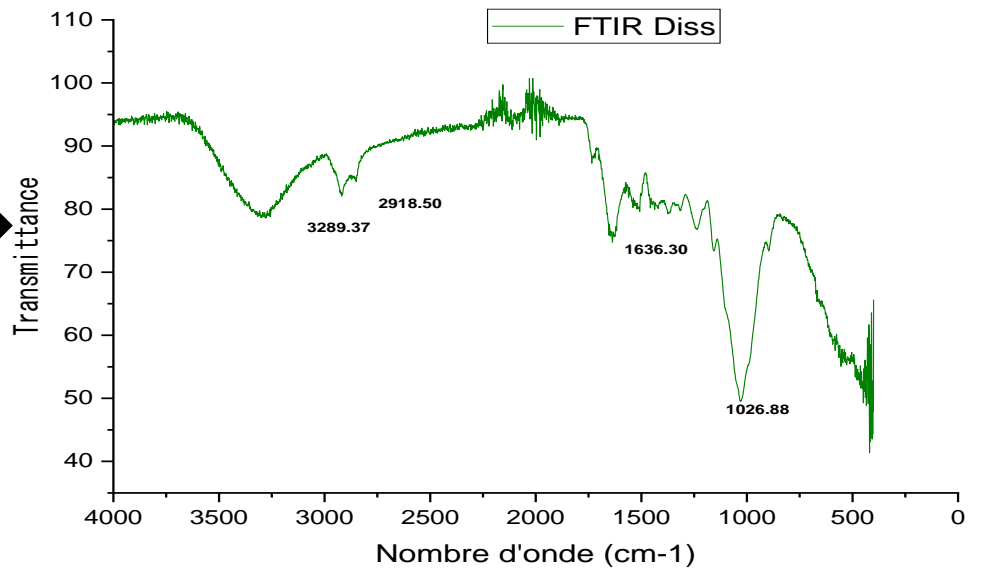


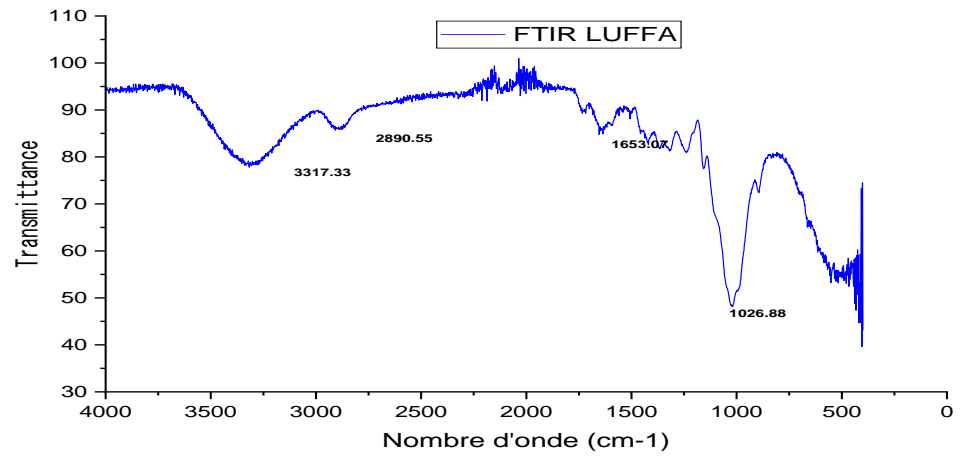
Figure III.8: fibres de Sisal.



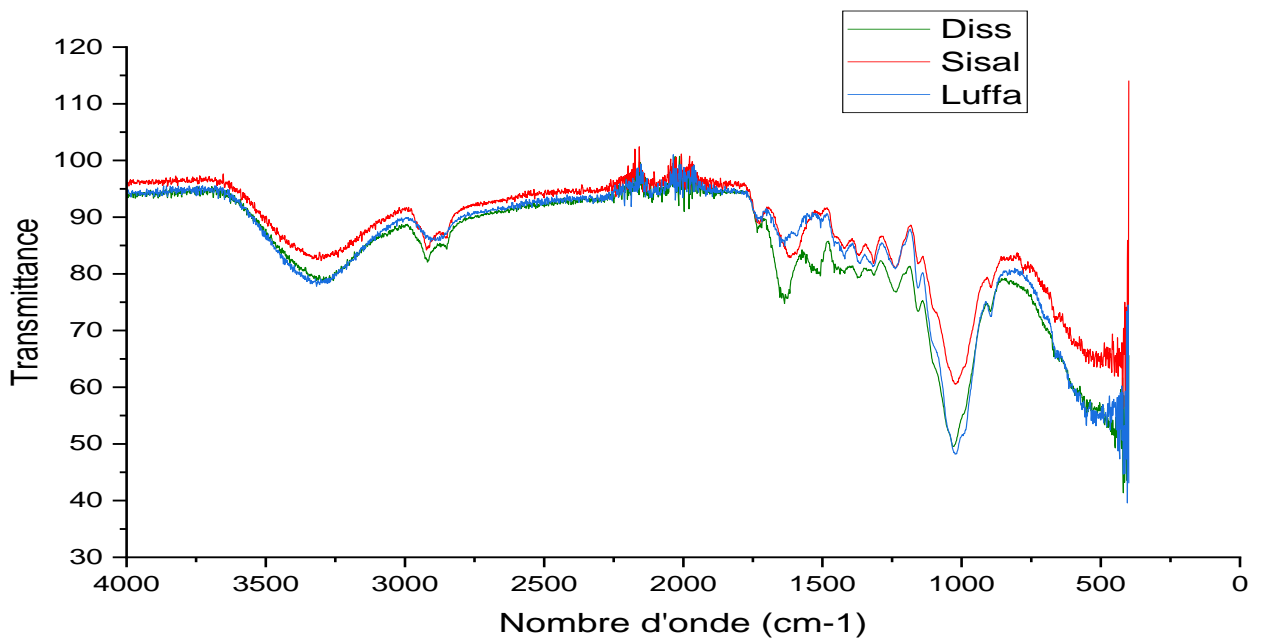
Les trois fibres sont broyées séparément, et la poudre après broyage est déposée sur un chiffon doux pour obtenir une poudre lisse.

Nous mettons un échantillon de la poudre de plante (DISS, luffa, sisal) sur un appareil ou programme Microlab Avec l'aide d'un ordinateur.





Comparaison entre les courbes les fibres :



On remarque que la fibre DISS a absorbé la vague dans les valeurs Nombre d'onde 1236.54,1639.09 et 2926.89 qui s'y est déversée plus que la fibre Luffa et fibre Sisal.



Liaison	Famille	Nombres d'onde (cm ⁻¹)
C-H	Alkanes, Alkenes, Aldehydes	3100-2800
O-H	Alcohol	3700-3300
	Carboxylic acid	3600-2500 broad
N-H	Amine	3500-3100 sharp
C-O	Alcohols, carboxylic acids, esters	1250-1050
C=O	Aldehydes, ketones, carboxylic acids, esters	1850-1600
C=C	Alkenes	1500-1600
C-Cl	Chloroalkane	600-800
C-Br	Bromoalkane	500-600
C-I	Iodoalkane	500

Tableau III.1: Table de données pour la spectroscopie IR.

Préparer des éprouvettes :

Pour la préparation des éprouvettes on a utilisé comme matrice 1 Kg de la résine polyester (figure 9) récupère dans le labo de moulage du hall technologique de M'sila, cette résine est mélangée avec le cobot avec un rapport de 1%.



Figure III.9: cobalt avec polyesters.



III.2.3 Moulage :

Volume de l'éprouvette de flexion :

$$V = 15 \times 1.27 \times 1 = 19.05 \text{ cm}^3$$

Masse d'éprouvette 19.05 g

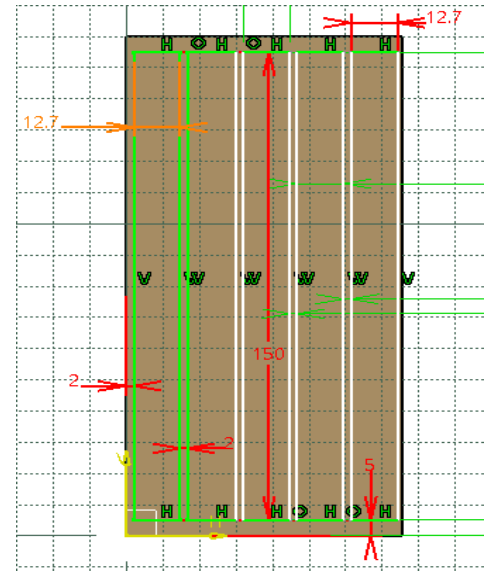
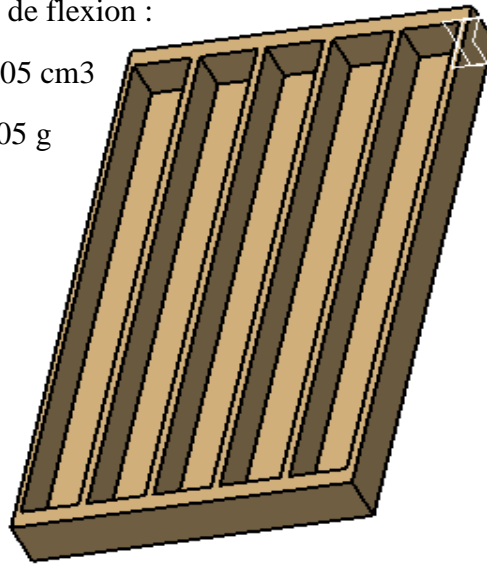


Figure III.10: Dessin du moule par CATIA.

Le polyester est mesuré avec une balance et un durcisseur avec une seringue, puis les deux sont bien mélangés dans un récipient, puis les fibres sont ajoutées après pesée et bien mélangées, puis le mélange est mis dans le moule et attendu pour sécher.

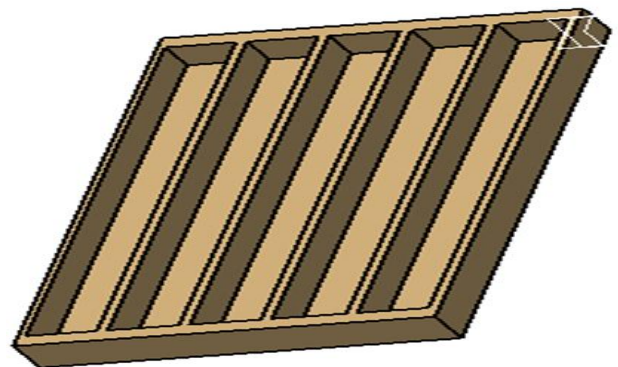


Figure III.11: Moulage.



Volume trois éprouvettes : $19.05 \times 3 = 57.15 \text{ g}$

$$57.15 \text{ ————— } 100\% \quad \text{Renfort fibre} = \frac{57.15 \times 10}{100} = 5.715 \text{ g}$$

$$\text{Renfort fibre ————— } 10\%$$

Matrice : $57.15 - 5.715 = 51.435 \text{ g}$

$$100 \text{ ml de polyesters ——— } 2 \text{ ml durcisseur} \quad X_{\text{durcisseur}} = \frac{51.435 \times 2}{100} = 1.0287 \text{ ml}$$

$$51.435 \text{ ml de polyesters ——— } X_{\text{durcisseur}}$$

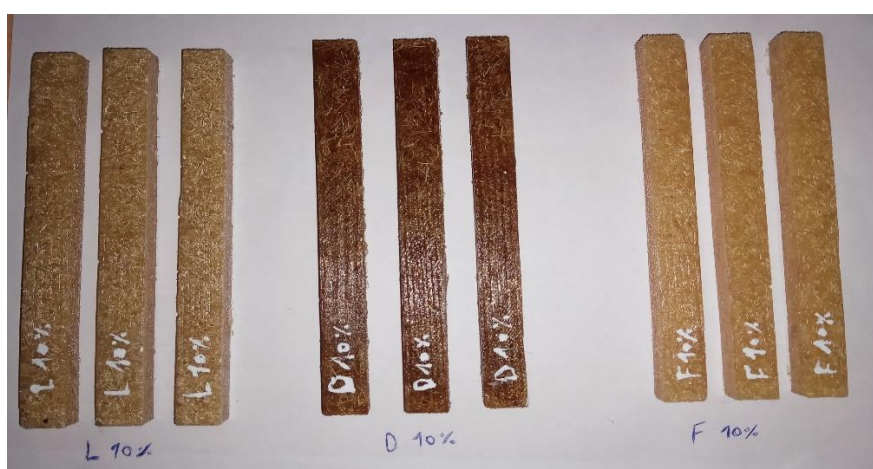


Figure III.12: Les éprouvettes pourcentage les fibres 10%.

L : Luffa

D : DISS

F : Sisal

Volume trois éprouvettes : $19.05 \times 3 = 57.15 \text{ g}$

$$57.15 \text{ ————— } 100\% \quad \text{Renfort fibre} = \frac{57.15 \times 15}{100} = 8.5725 \text{ g}$$

$$\text{Renfort fibre ————— } 15\%$$

Matrice : $57.15 - 8.5725 = 48.5775 \text{ g}$

$$100 \text{ ml de polyesters ——— } 2 \text{ ml durcisseur} \quad X_{\text{durcisseur}} = \frac{48.5775 \times 2}{100} = 0.97155 \text{ ml}$$

$$48.5775 \text{ ml de polyesters ——— } X_{\text{durcisseur}}$$

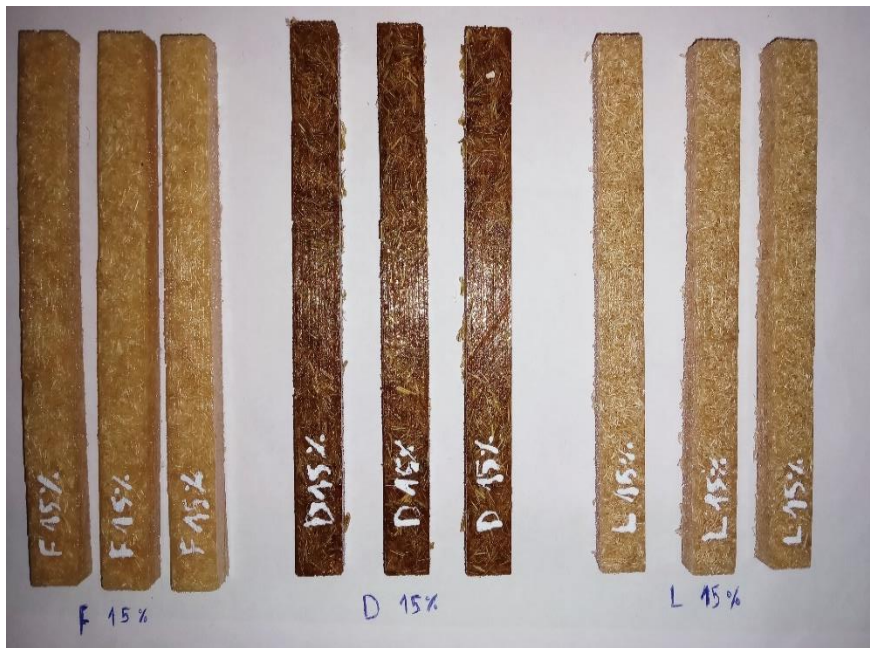


Figure III.13: Les éprouvettes pourcentage les fibres 15%.

L : Luffa

D : DISS

F : Sisal

Volume trois éprouvettes : $19.05 \times 3 = 57.15 \text{ g}$

57.15 ————— 100%

Renfort fibre ————— 25%



$$\text{Renfort fibre} = \frac{57.15 \times 25}{100} = 14.2875 \text{ g}$$

Matrice : $57.15 - 14.2875 = 42.8625 \text{ g}$

100 ml de polyesters — 2 ml durcisseur

42.8625 ml de polyesters — X durcisseur



$$X_{\text{durcisseur}} = \frac{42.8625 \times 2}{100} = 0.85725 \text{ ml}$$

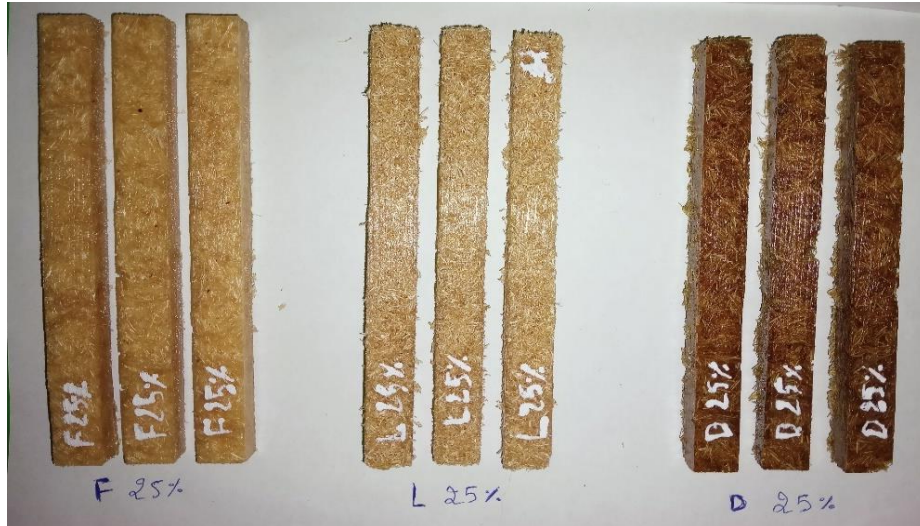


Figure III.14: Les éprouvettes pourcentage les fibres 25%.

L : luffa

D : DISS

F : Sisal

Séchage à l'étuve :

Est un processus réalisé par le chauffage d'une substance afin d'éliminer du l'eau. Nous mettons les éprouvettes dans four 5h sur température 60 degré. Puis nous les sortons et les polissons.



Figure III.15: Four Séchage.



Figure III.16: Machine polissage.

Tableau des dimensions des éprouvettes après le polissage.

		Éprouvette 1		Eprouvette 2		Éprouvette 3	
Les fibres	Pourcentage	Largeur	L'épaisseur	Largeur	L'épaisseur	Largeur	L'épaisseur
DISS	10 %	12.64	9.61	12.87	9.70	13.01	9.99
	15 %	13.10	9.31	12.79	9.06	12.83	9.04
	25 %	12.50	10.40	12.63	10.84	12.96	10.66
LUFFA	10 %	12.87	9.27	12.88	9.36	12.44	9.17
	15 %	12.60	9.51	12.57	8.92	12.82	9.84
	25 %	12.91	10.57	12.67	10.38	12.40	10.01
SISAL	10 %	12.66	9.53	12.86	9.15	12.98	9.21
	15 %	12.73	9.45	12.48	9.14	13.01	9.28
	25 %	12.94	9.71	12.81	8.89	12.98	9.39
		Éprouvette 1		Eprouvette 2		Éprouvette 3	
		Largeur	L'épaisseur	Largeur	L'épaisseur	Largeur	L'épaisseur
Résine		12.38	9.25	13.02	9.12	12.86	9.71

Tableau III.2: Tableau des dimensions des éprouvettes

Après le polissage.

III.3 Machine flexion 3point :

Eprouvette fibre avec polyesters.

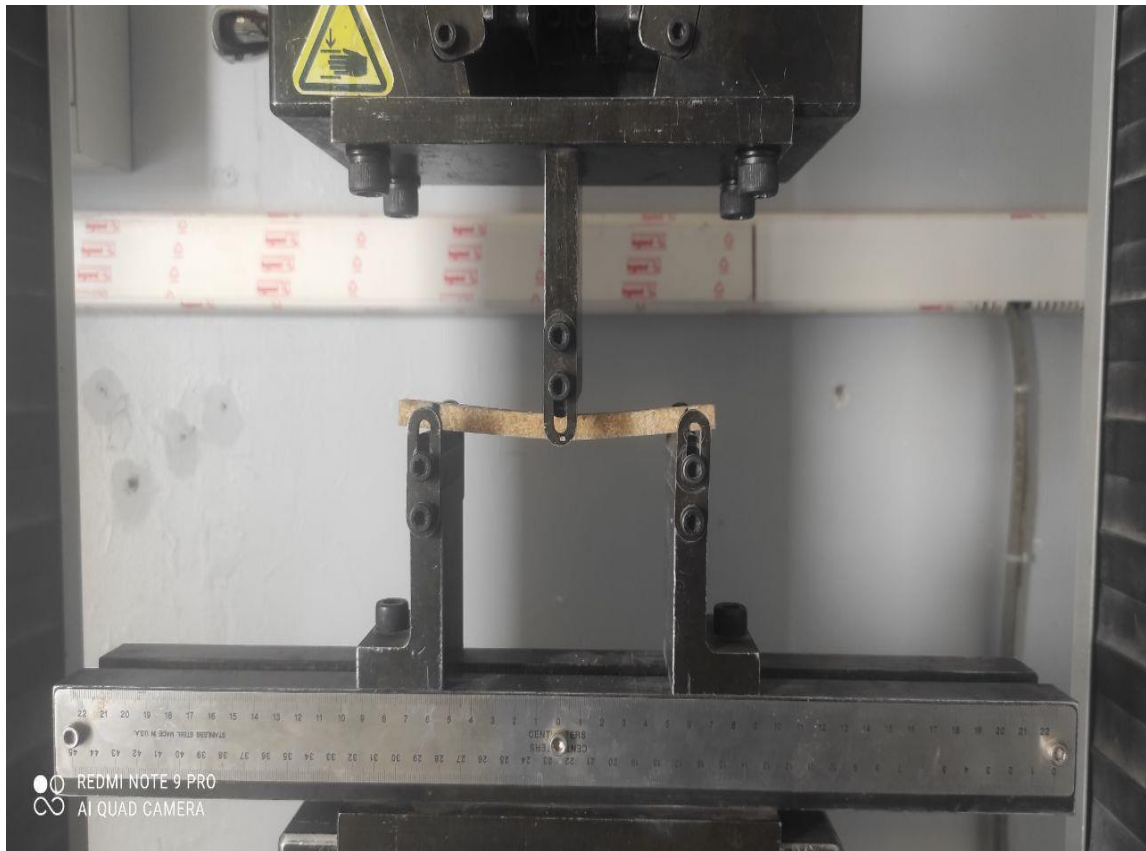


Figure III.17: Machine flexion 3point.



Figure III.18: éprouvette après la flexion.

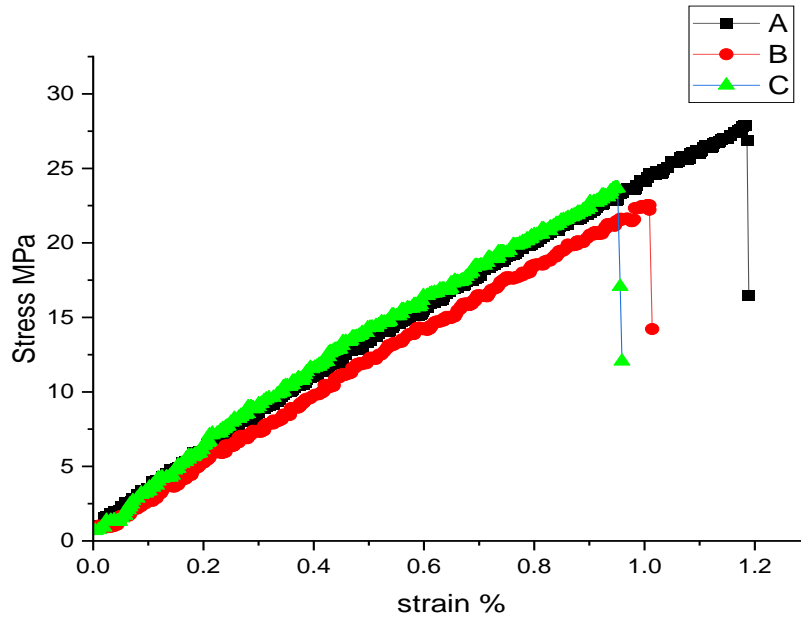


III.3 Les Courbes :

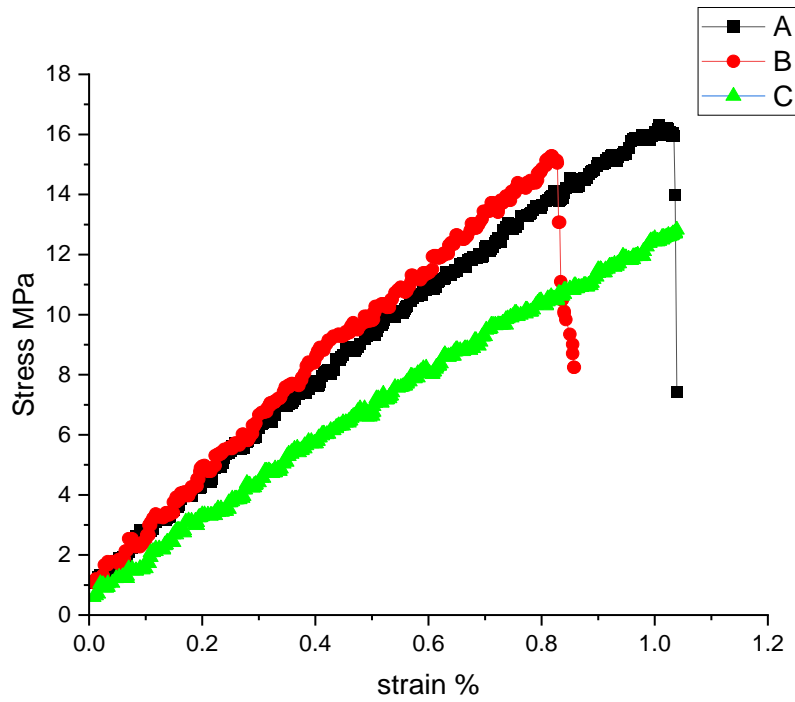
III.3.1 Les Courbes Fibre avec polyesters :

- Pourcentage Les Fibres :

DISS 10 %.

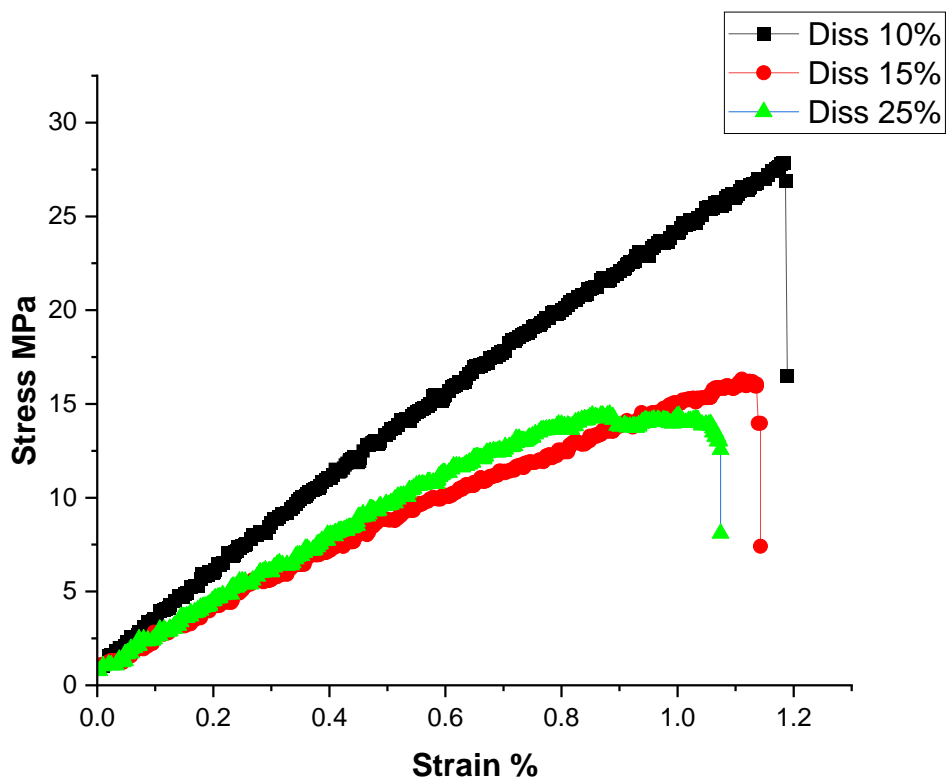
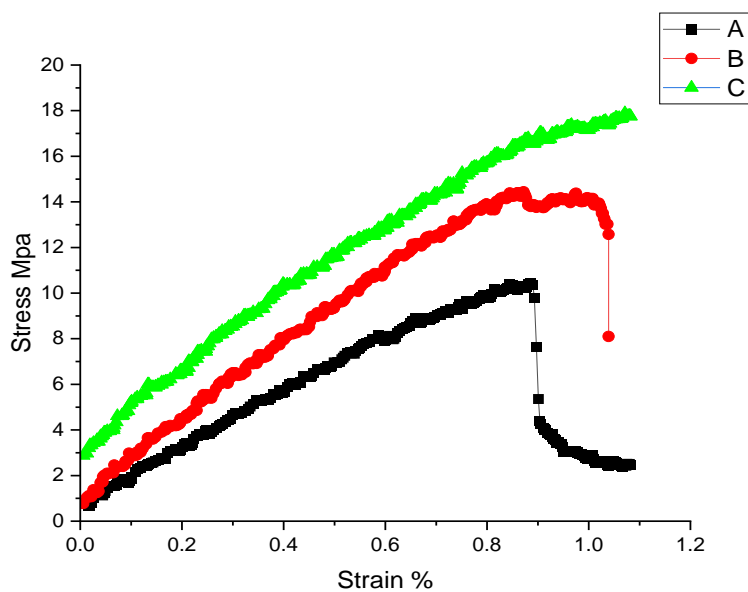


DISS 15%.





DISS 25%.



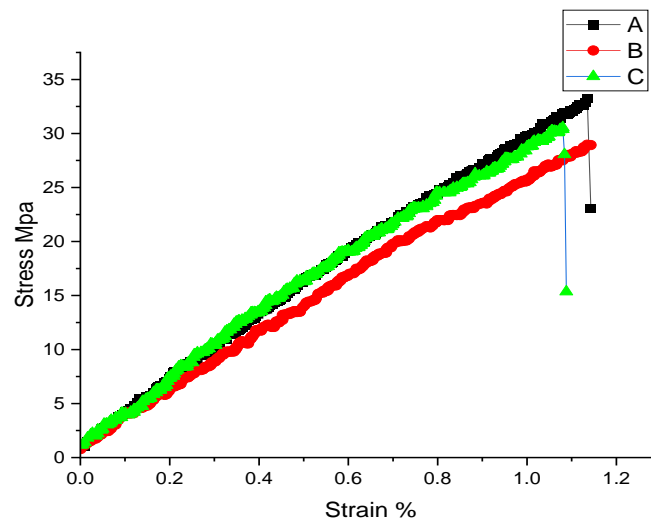


	Contrainte σ MPa	Déformation ε %
DISS 10%	27.81	1.17
DISS 15%	16.20	1.02
DISS 25%	14.17	0.87

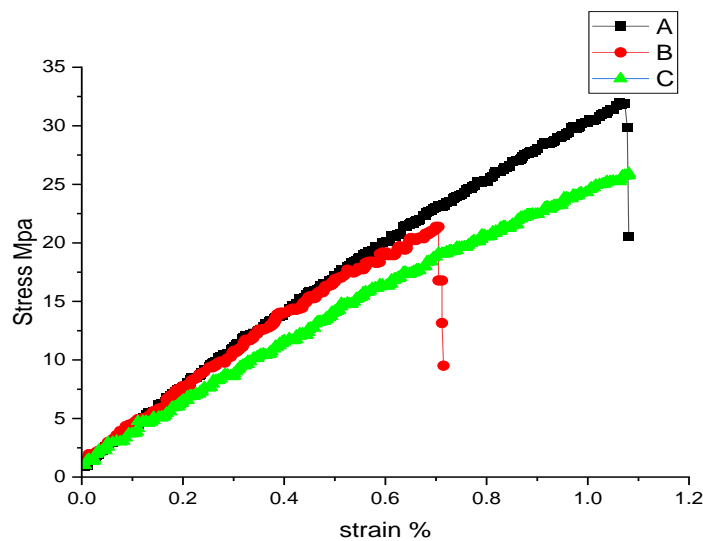
Tableau III.3: valeur contrainte et déformation de fibre DISS.

Nous remarquons que l'éprouvette 10% du fibre DISS Résiste la contrainte. Supérieure aux éprouvettes 15% et 25% du fibre DISS.

Sisal 10%.

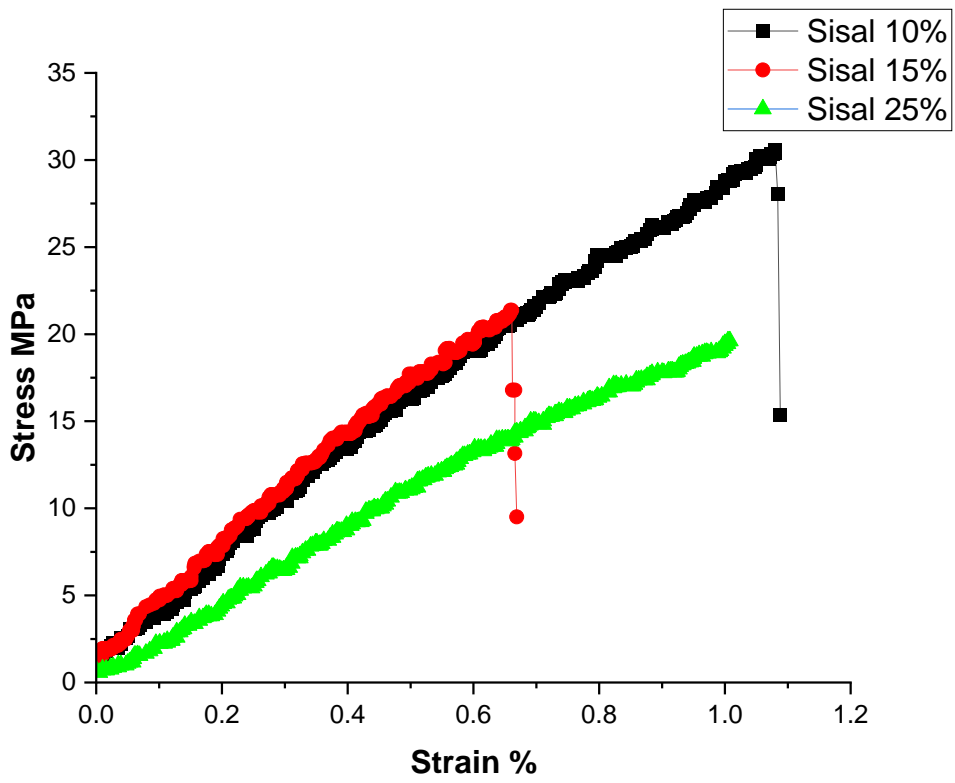
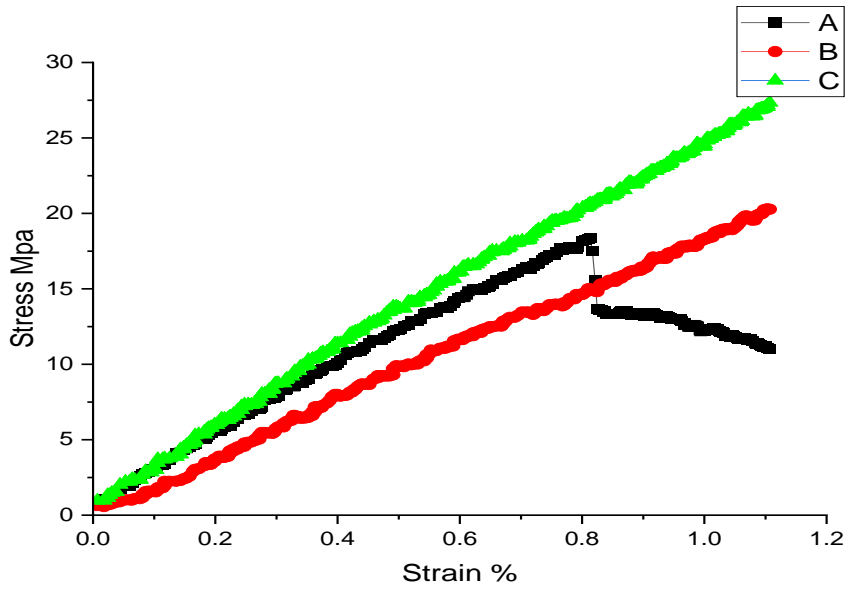


Sisal 15%.





Sisal 25%.



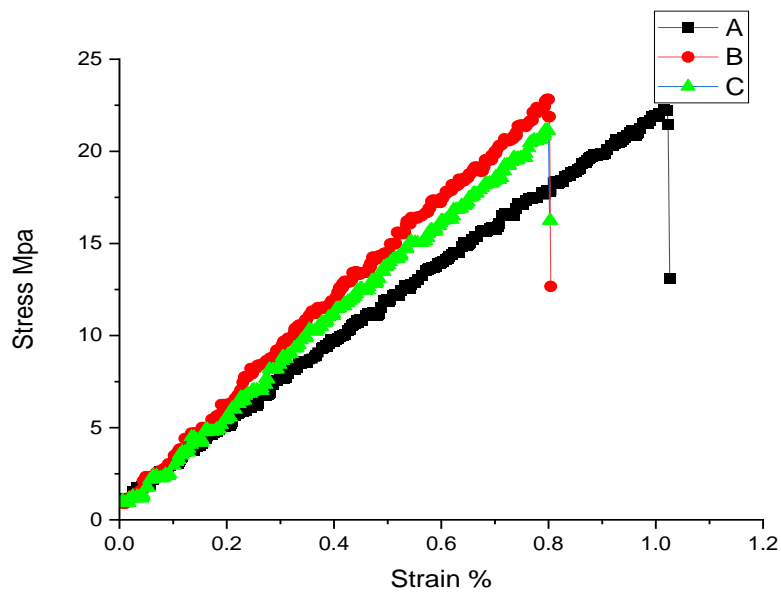


	Contrainte σ MPa	Déformation ε %
Sisal 10%	30.39	1.08
Sisal 15%	21.37	0.70
Sisal 25%	18.25	0.8

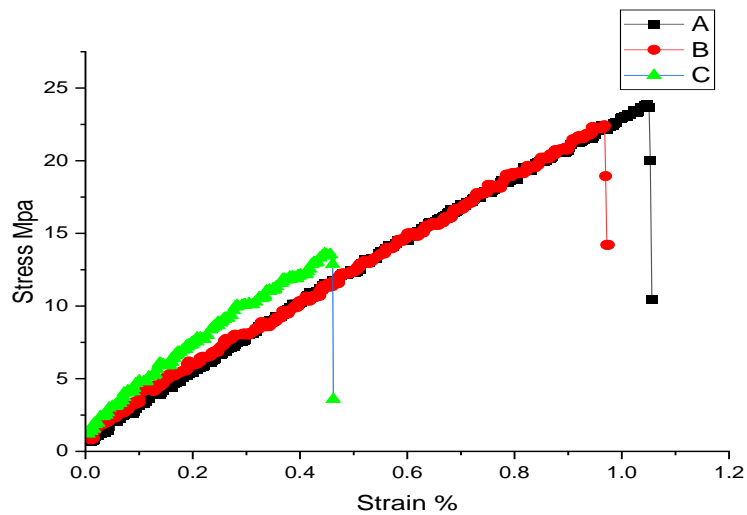
Tableau III.4: valeur contrainte et déformation de fibre Sisal.

Nous remarquons que l'éprouvette 10% du fibre Sisal Résiste la contrainte. Supérieure aux éprouvettes 15% et 25% du fibre Sisal.

Luffa 10%.

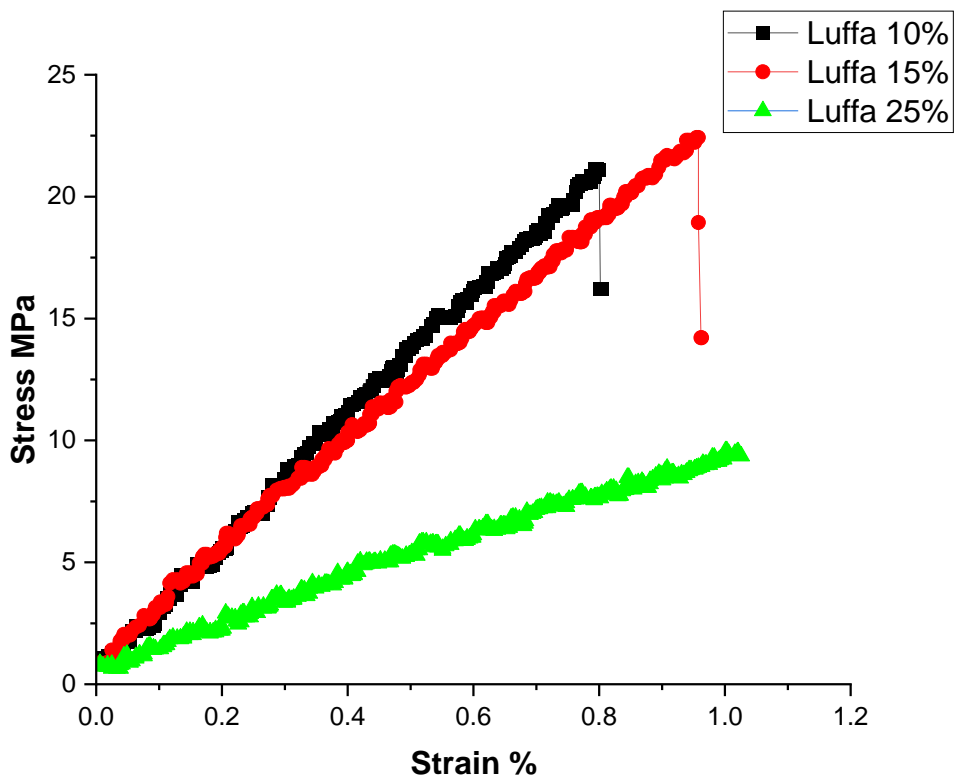
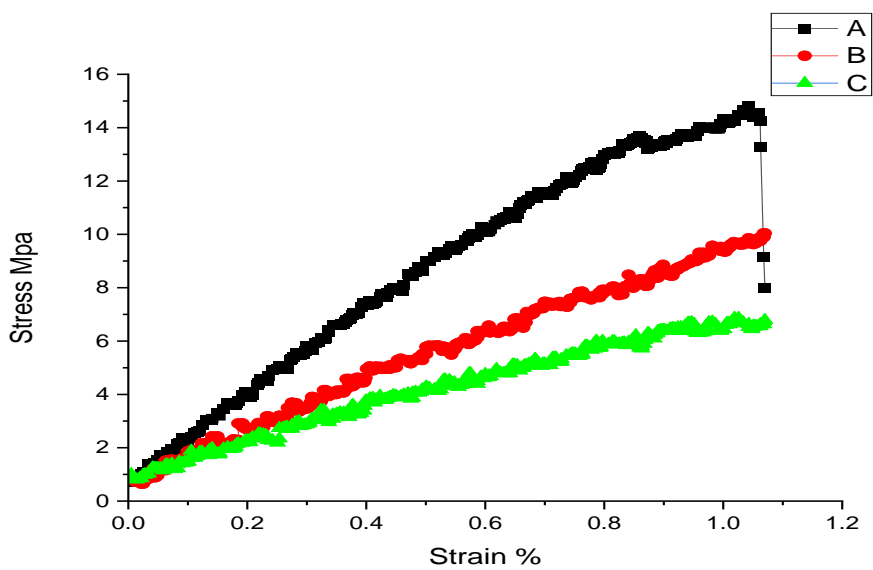


Luffa 15%.





Luffa 25%.





	Contrainte σ MPa	Déformation ε %
Luffa 10%	21.16	0.79
Luffa 15%	22.26	0.95
Luffa 25%	9.89	1.06

Tableau III.5: valeur contrainte et déformation de fibre Luffa.

Nous remarquons que l'éprouvette 15% du fibre Luffa Résiste la contrainte. Supérieure aux éprouvettes 10% et 25% du fibre Luffa.

III.3.2 Les Courbes polyesters sans fibre :

Eprouvette polyesters.

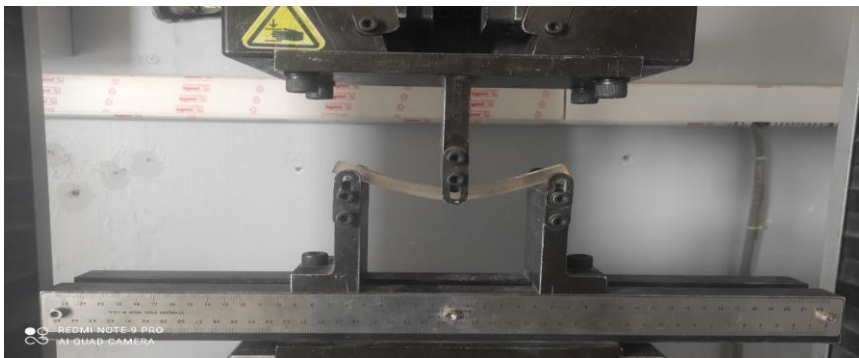


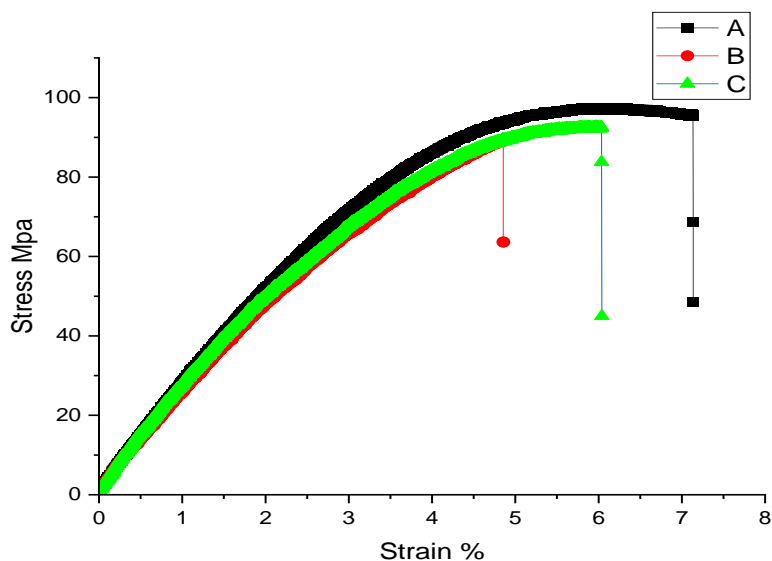
Figure III.19: Machine flexion 3point.



Figure III.20: éprouvette après la flexion.



Polyesters :



$Y = AX \quad \longrightarrow \quad \sigma = E \cdot \varepsilon \dots\dots\dots (III.1)$

Donc $A = E$

$E = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \dots\dots\dots (III.2)$

	Contrainte σ MPa	Déformation ε %
DISS 10%	27.81	1.17
DISS 15%	16.20	1.02
DISS 25%	14.17	0.87
Sisal 10%	30.39	1.08
Sisal 15%	21.37	0.70
Sisal 25%	18.25	0.8
Luffa 10%	21.16	0.79
Luffa 15%	22.26	0.95
Luffa 25%	9.89	1.06
Polyesters	92.27	6.015

Tableau III.6: valeur contrainte et déformation.



Conclusion :

Un extrait des courbes de flexion pour les différentes formulations (10 %, 15 %, 25 %) de la masses la fibre et les longueurs de fibre 1 mm

En général une rupture brutale des éprouvettes est observée dès que la force atteint le maximum.

Observe également que la contrainte diminuent avec l'augmentation de la fraction volumique de fibres dans le composite, et que le pourcentage de fibre élevé entraîne une diminution des caractéristiques mécaniques du composite cela est lié à la mauvaise répartition des fibres dans la matrice.

Nous déduits du tableau, Plus le pourcentage de fibres dans l'éprouvette est élevé, plus la contrainte est faible.

Reference :

[1] YAHY Fatima Zahra. Caractérisation physique d'une fibre végétale. Université Mohamed Boudiaf - M'sila. Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER. Page 27.

[2] Delachaux ; Nestlé, 500 PLANTES COMESTIBLES, 2003,201.



Essai de flexion 3 points Par programme Abaqus

ABAQUS C'est un logiciel de simulation de problèmes très variés en mécanique.

Etape 1 : Module Part (dessiner la géométrie en Double Clique sur part)

a- Choisissez : Name : éprouvette_3D - 3D- Déformable – Solide- Approximate size = 300

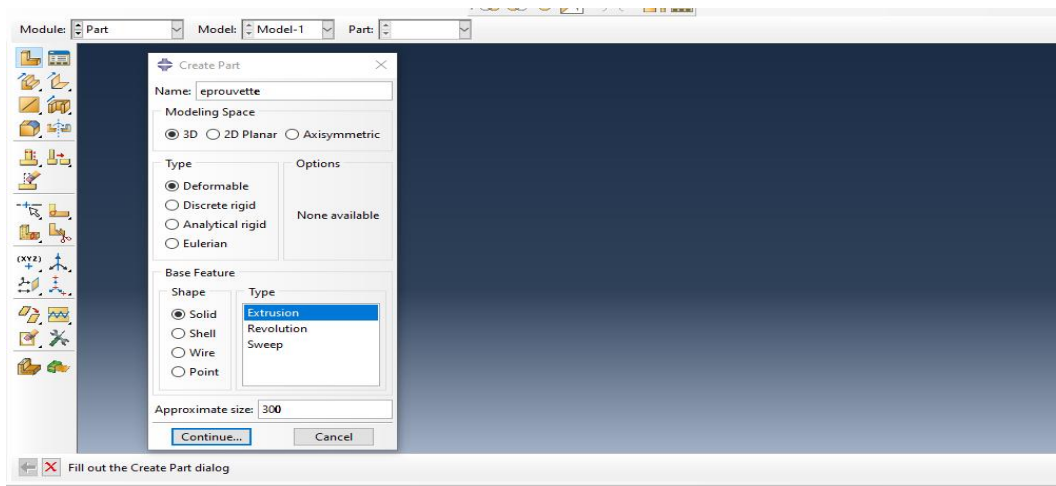


Figure IV.1: Module Part dessin l'éprouvette.

b- Tracer L'éprouvette en utilisant l'outil rectangle

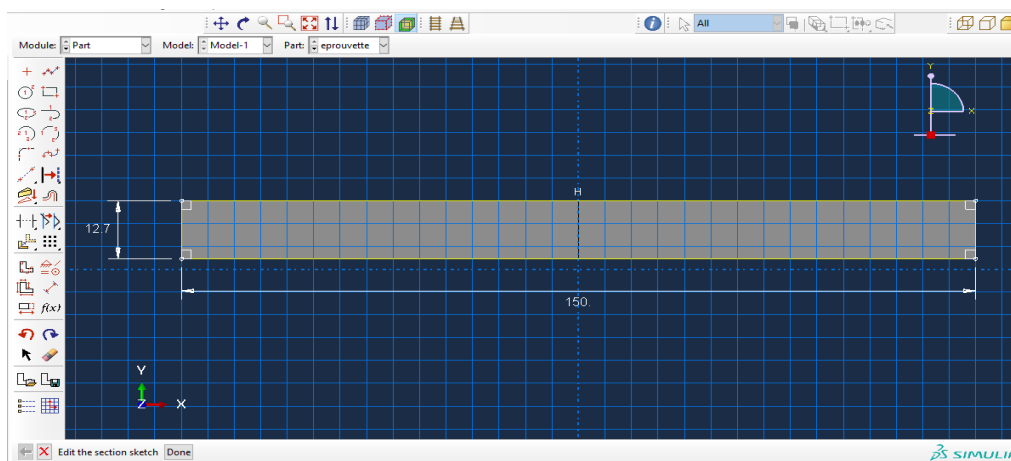


Figure IV.2: dessin l'éprouvette.

c- Dimensionner de la façon suivante : puis faire l'épaisseur de 10 mm.



d-Cliquer sur partition face sketch sélectionnez ensuite une surface puis cliquez
*create lines connected

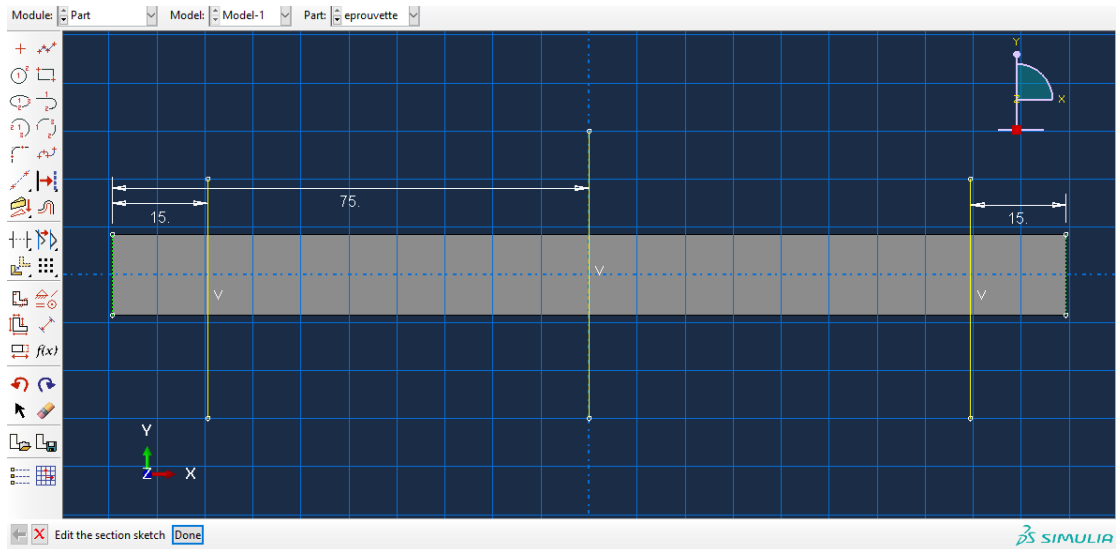


Figure IV.3: face sketch.

Avant de créer la référence cliquer sur partition cell extrude/cutting plane (Rester appuyer) pour qu'il apparaisse partition cell extrude/sweepedges , sélection le support et valider par Done.

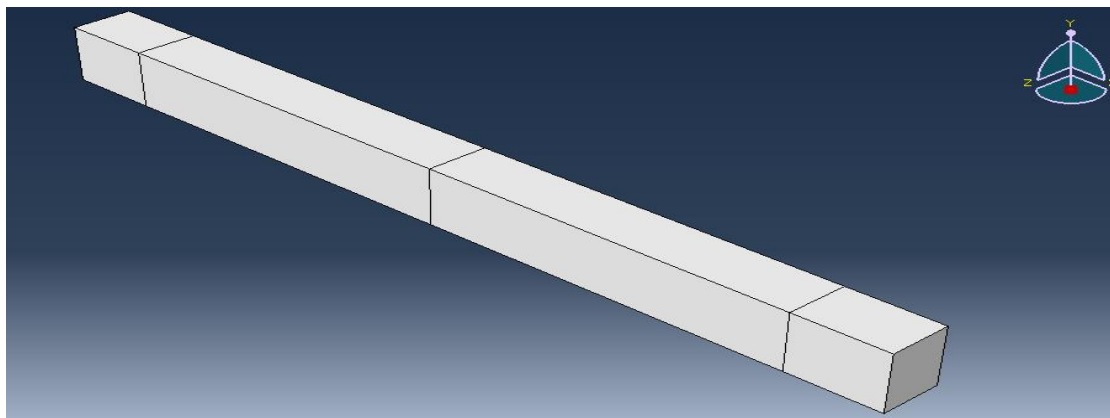


Figure IV.4: partition cell extrude/sweepedges.

e-Module Part (dessiner la géométrie en Double Clique sur part) a- Choisissez : **Name** : support.



Module part et clique sur 3D et discrete rigid et solid (extrusion) et continue, Une pièce rigide discrète est similaire à une pièce déformable en ce qu'elle peut avoir n'importe quelle forme arbitraire.

Cependant, une pièce rigide discrète est supposée être rigide et est utilisée dans les analyses de contact pour modéliser des corps qui ne peuvent pas se déformer.

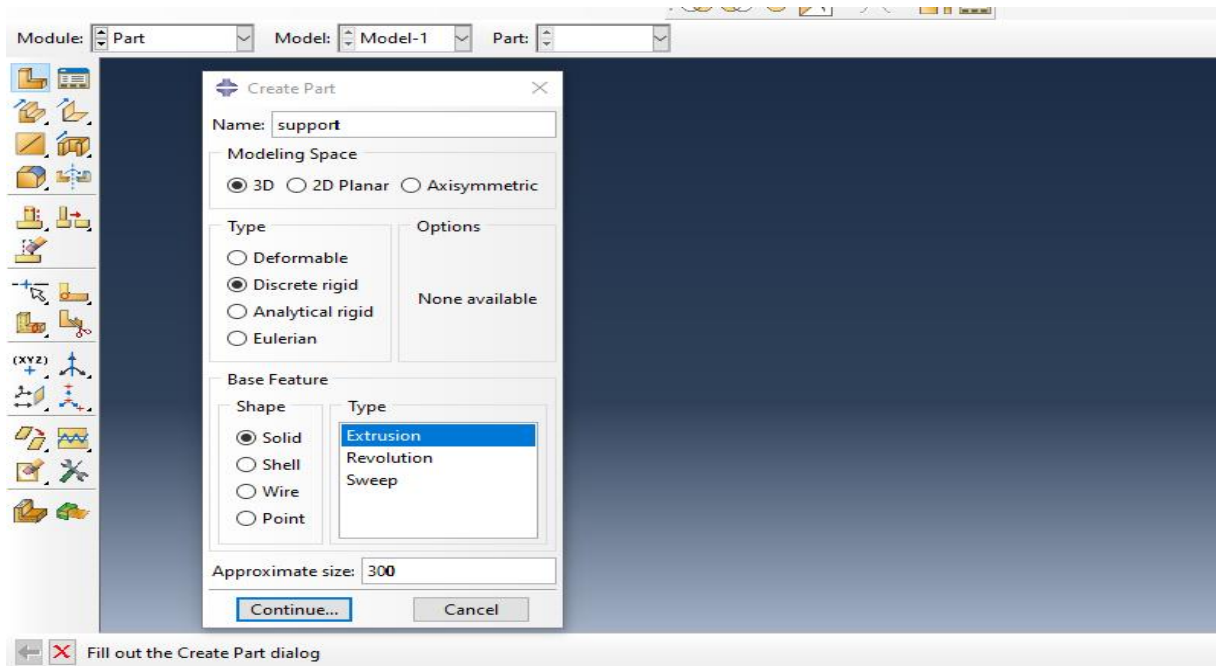


Figure IV.5: Module Part dessin l'éprouvette.

f-Tracer la support en utilisant l'outil circle et rayon 10mm comme dans la figure suivante avec la référence sélectionnée au centre.

Cliquer sur **partition face sketch** sélectionnez ensuite une surface puis cliquez ***create lines connected**

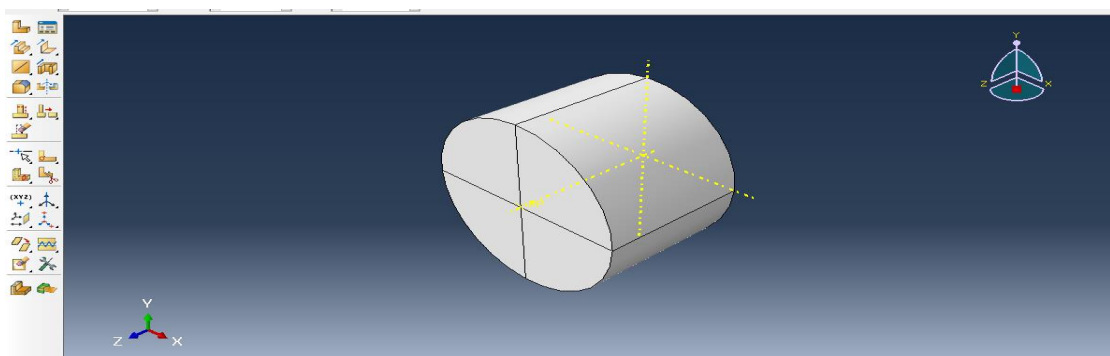


Figure IV.6: partition cell extrude/sweepedges.



g- Avant de créer la référence cliquer sur creat shell extrude (Rester appuyer) pour qu'il apparaisse Creat Shell From Solid , sélection le support et valider par Done.

Etape 2 : Module Propreté (donner les propriétés du matériau) pour l'éprouvette

Cliquer sur **Creat material** - Name:**Résine**- E =2446MPa $\nu=0.3$

Creat section : Name : Section_Poutre_3D – Category : Solide – Type : **Homogenous** - Cliquer sur continue ... laisser les paramètres tel qu'ils sont et valider par OK

Ensuite il faut affecter la section à la poutre, **Assign section** : (sélectionner toutes la structure) et cliquer sur **Done**, Il apparait un message (choisissez Section_Poutre_3D), valider par OK -

Remarquer le changement du couleur .

Etape 3 : Module Assemblé (faire l'instance : cocher Independent mesh on part et Cliquer sur translate instance pour le contraint géométrique entre les pièces comme le figure suivent

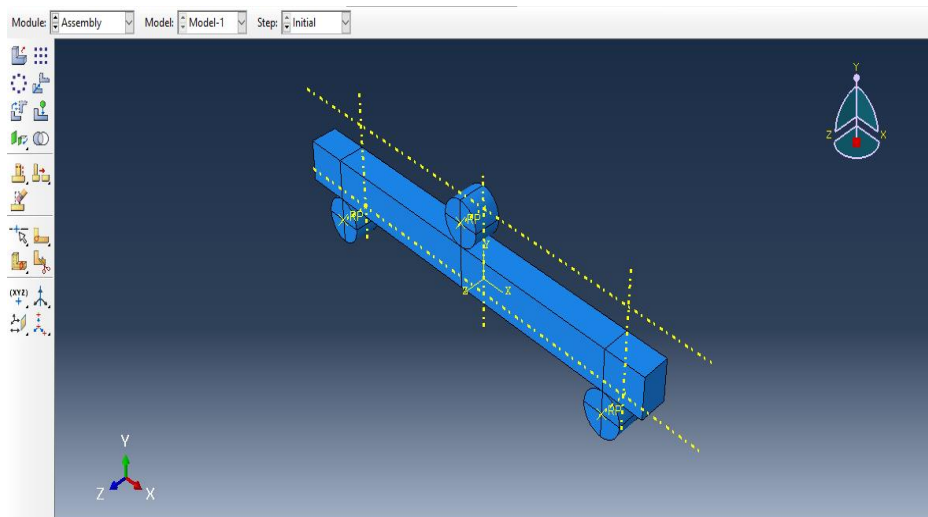


Figure IV.7: Module Assemblé.

Etape 4 : Module Step

(Configuration de l'analyse : étape d'analyse et spécification des requêtes de sorties)



Name : Chargement – type de procédure : **Générale** – sélectionner **Static, Général** Dans la liste et cliquer sur continue ... la boîte de dialogue Edit step apparait, cocher sur (**on of large displacements and effects subsequent steps**) et (**specify dissipated energy fraction**) qu'ils sont et valider par OK.

Etape 5 : interaction

Cliquer sur **incertion** et cliquer sur **create interaction** – choisir **initial** et **general contact (standard)** et cliquer sur **continue** et cliquer sur **create interaction property** choisir **contact** et cliquer sur **continue** et choisir **tangential behavior** et **mecanical** et **penalty** et choisir 0.2 pour **friction coeff** et cliquer sur **ok**.

enfin importer **create interaction property** et cliquer sur **ok**.

Etape 6 : Module Load (Appliquer les chargements et les conditions aux limites

Pour le modèle).

Crear Boundary condition : **Name1** : 3point- Step : Chargement – **Type for selectedstep: Displacement/Rotation** Sectionner le point de référence dans centre valider par Done, ensuite cocher **U1, U3, UR1, UR2, UR3** pour empêcher le déplacement et la rotation dans les directions 1 et 3. Enfin valider par OK. Cliquez sur ce dernier pour entrer une **valeur U2= -624**. **Name 2:** fixe- Step : Chargement – **Type for selectedstep: symmety/antisymmetry/encastre** Sectionner les deux points de référence dans centre de côté gauche et droite et valider par Done, ensuite cocher **U1, U2, U3, UR1, UR2, UR3** pour empêcher le déplacement et la rotation dans les directions 1,2 et 3. Enfin valider par OK



Etape 7 : Module Mesh (créer le maillage de la structure)

Pour l'éprouvette :

Sélectionner la commande **Seed Part**, 4.1 dans le **champ Approximat global size**, cliquer sur **Allpy** pour voir la distribution des nœuds.

Cliquer sur **Mesh Part** et valider par **Yes** pour valider le maillage

Sélectionner la commande **Assign Element type** Cliquer sur **done** laisser les paramètres tel qu'ils sont et valider par OK

Pour le support :

Sélectionner la commande **Seed Part**, puis entrer la valeur 3 dans le **champ Approximat global size**, cliquer sur **Allpy** pour voir la distribution des nœuds.

Cliquer sur **Mesh Part** et valider par **Yes** pour valider le maillage

Sélectionner la commande **AssignElement type** Cliquer sur **done** laisser les paramètres tel qu'ils sont et valider par OK

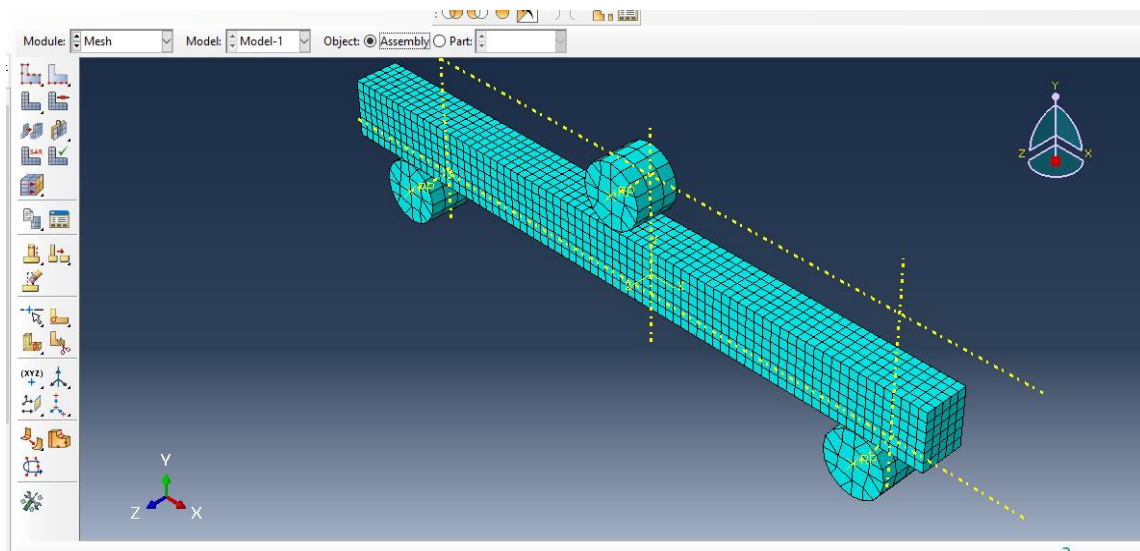


Figure IV.8: Module MeSH.

Etape 8 : Module : Job

Job => Create => Name: Job-Poutre_3D, Model: Model-1 => Continue => Job Type:



Full analysis, Run

Job => Submit => Job-Poutre_3D

Job => Manager => Results (enters Module: Visualization)

Etape 8 : Module Visualization

Cliquer sur Plot Undeformed Shape
Cliquer sur Plot Deformed Shape
Cliquer sur Plot contours on deformed Shape (afficher la contrainte de Von Mises S)
Sélectionner Creat XY data et cocher ODB filed output et cliquer sur continue...coché réaction forcé et spatial displacement et cliquer plot .
Sélectionner operate on xy data.

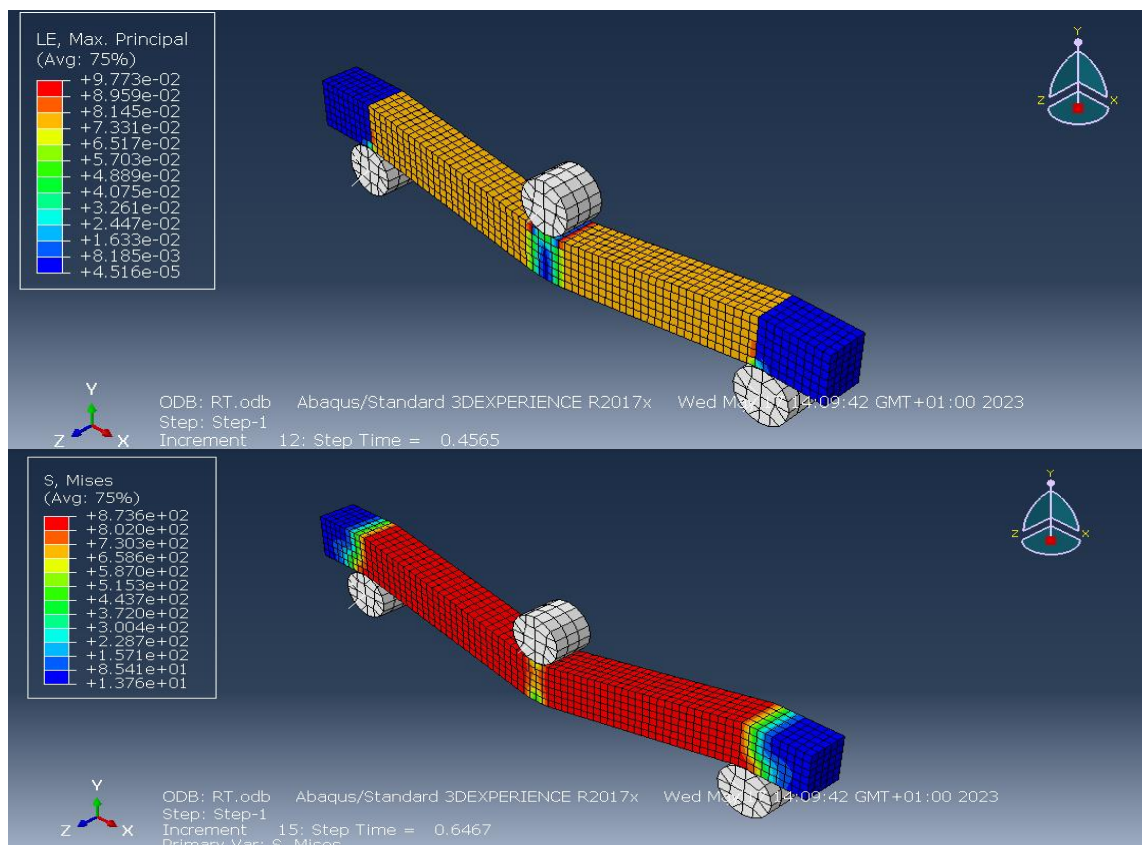
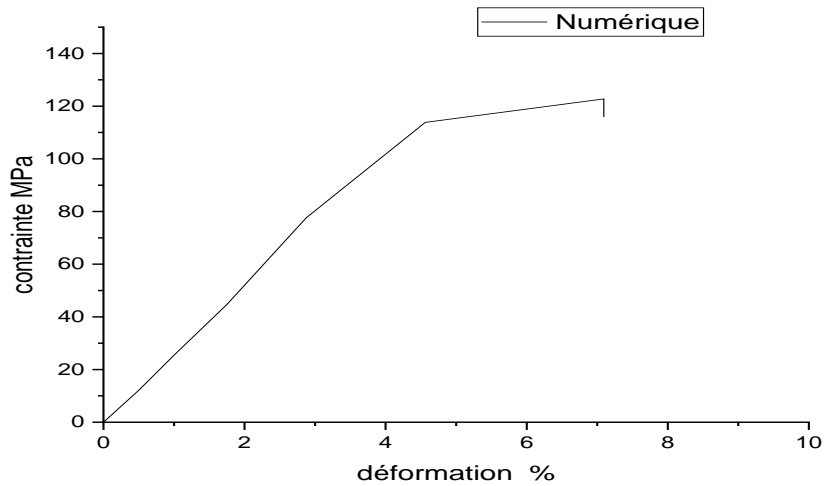
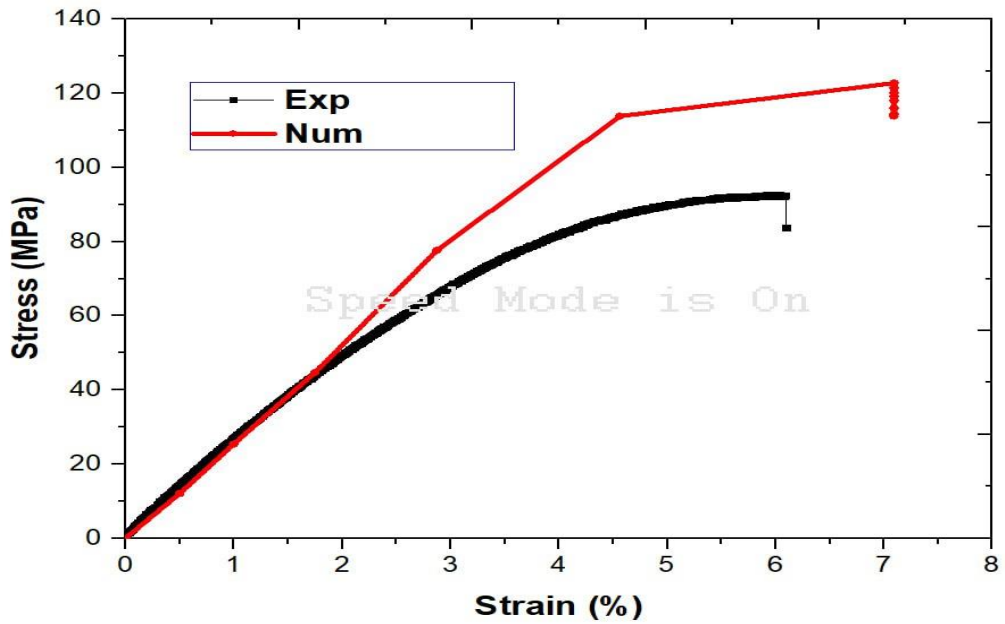


Figure IV.9: Flexion par programme Abaqus.



Comparaison entre les courbes polyesters numériques et expérimentale



Conclusion :

A travers la courbe expérimentale, et courbe Numérique on constate une montée progressive et régulière des contraintes, jusqu'à la valeur 50MPa, et après avoir passé la valeur 50 MPa La courbe expérimentale diffère de la courbe numérique.

À la fin il y a des différences relatives dans les deux courbes, et cela est dû à plusieurs facteurs, dont le module Young, la méthode de calcul.

Conclusion Générale :

Grâce à cette étude, nous avons pu acquérir une solide compréhension des concepts liés aux matériaux composites et à leurs composants, tels que la matrice et le renfort. Dans la partie expérimentale, nous avons appris à extraire les fibres de DISS en utilisant la méthode du brossage, ce qui nous a permis d'obtenir une fibre végétale utilisable de manière pratique. Quant à la partie numérique, nous avons comparé les courbes obtenues à partir de simulations numériques réalisées avec des polyesters et celles obtenues expérimentalement.

Dans la partie numérique de notre étude, nous avons effectué une modélisation de l'essai de flexion en trois points à l'aide du logiciel Abaqus. Cette modélisation nous a permis d'obtenir les distributions des contraintes et des déformations dans une éprouvette composée de polyesters et de fibres (DISS, Sisal, Luffa) au début de la phase élastique, en utilisant la méthode des éléments finis. Notre recherche s'est concentrée sur l'analyse des champs de contraintes, de déformations et de déplacements lors de l'essai de flexion en trois points.

En comparant les effets des différents pourcentages de fibres (10%, 15%, 25%) par rapport à la résine polyester, nous avons observé des variations significatives des valeurs moyennes des contraintes (σ), des déformations à la rupture et du module de flexion. Cela met en évidence l'importance de l'ajout de fibres qui jouent un rôle prépondérant dans la résistance aux efforts exercés sur la structure.