



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Mécanique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :

Taouai salah elddine

Toumi ayache

Thème

Influence de la variation de concentration des fibres sur le comportement mécanique d'un nouveau biomatériau

Jury :

Dr.	GUERIRA Belhi	MCA	Université de Biskra	Président
Dr.	BOULEGROUN Abdelmalek	MCB	Université de Biskra	Rapporteur
Dr.	CHOUIA Fateh	MCB	Université de Biskra	Examineur

REMERCIEMENT

*Tout d'abord, grâce à **allah** , qui nous a aidés et nous a donné de la patience, du courage et de la santé pendant ces années d'études.*

*En particulier, nous tenons à remercier le Professeur à l'Université de Biskra et Monsieur **GUERIRA Belhi** pour ses efforts, ses critiques constructives et son bon traitement à notre égard.*

*Nous tenons également à remercier les membres du jury Dr. **BOULEGROUN Abdelmalek** et Dr. **CHOUIA Fateh**, pour avoir accepté ce travail.*

*Sincères remerciements et respect à **Djaradi Farouk, TRIR Boubakeur**,
Mohamed Aymen KETHIRI, Ayoub Machiouri.*

Enfin, nous remercions la famille et les amis de nous avoir soutenus dans la réalisation de ce travail.

Merci à tous.

Dédicace

Nous profiton de cette occasion pour dédier ce modeste travail :

À nos chres parents.

À nos frères et sœurs.

À tout nos amis à l'université ou en dehors.

À tout ceux qui nous ont aidés de près ou de loin

Sommaire

Contents

Remerciement	
Dédicace	
Sommaire	I
Liste de figures	VI
Liste de tableaux	IX
Résumé	XI
Introduction générale	XII

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉ SUR LE MATÉRIAU

I.1. Introduction	2
I.2. Définitions d'un matériau	2
I.3. Propriétés de matériaux	3
I.3.1. Les Propriétés physiques	4
I.3.2. Les propriétés chimiques	4
I.3.3. Les propriétés mécaniques	4
I.4. Matériau composite	4
I.4.1. Définition	4

I.5. Les constituants des Matériau composite	5
I.5.1. Les renforts	6
I.5.1.1. Les renforts naturels	6
I.5.2. Les matrice	7
I.5.3. Les charges et additifs	8
I.6. Technique d'élaboration des matériaux composites	9
I.6.1. Moulage au contact	9
I.6.2. Moulage par projection simultanée	9
I.6.3. Moulage par compression	10
I.6.4 Le moulage sous vide	11
I.7. Conclusion	11

CHAPITRE II

EXPÉRIMENTATIONS

II.1. Introduction	13
II.2. La modélisation des matériaux composites	13
II.2.1. Matériaux isotropes	13
II.2.2. Matériaux orthotropes	13
II.2.3. Un matériau unidirectionnel	14

II.3. Morphologie et extraction des fibres des bras de grappe des palmiers dattiers	14
II.3.1.Méthode d'extraction des fibres	15
II.3.2.Méthode d'extraction la poudre de fibre	15
II.4.Traitement alcalin de la fibres de palmier dattier	16
II.5. Comment préparer le matériau composite renforcé	17
II.6. Préparation des éprouvettes pour l'essai de flexions	17
II.6.1.L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales	17
II.6.2.L'éprouvette à fibre unidirectionnelle transversales	19
II.7. Préparation des éprouvettes pour l'essai de compression	19
II.7.1.L'éprouvette à fibres bidirectionnelles	19
II.7.2.L'éprouvette à fibres semi broyées	21
II.8. Préparation des éprouvettes pour l'essai de conductivité thermique	22
II.8.1. L'éprouvette contenant des fibres sous forme poudre	22
II.9.La préparation des éprouvettes	23
II.10. Résultats du poids de l'éprouvette	24
II.11. Machine d'essai mécanique	24
II.12. Conclusion	25

CHAPITRE III

Résultats et discussion

III.1. Introduction	27
III.2. Essai mécanique	27
III.3. Fraction massique de la fibre dans un matériau composite	29
III.4. Essai de flexion	30
III.4.1.Essai de flexion sur éprouvettes traitées au NaOH 5%	30
III.4.2.Essai de flexion sur éprouvettes traitées au CH ₃ COOH 5%	32
III.4.3.Essai de flexion sur éprouvettes traitées au CH ₃ COOH 10%	33
III.4.4.Essai de flexion sur éprouvettes à fibre unidirectionnelle transversales	35
III.4.5.Essai de flexion sur éprouvettes non traité et plâtre 100%	37
III.5.Essai de compression	38
III.5.1.Essai de compression sur éprouvettes traitées au NaOH 5%	38
III.5.2.Essai de compression sur éprouvettes traitées au CH ₃ COOH 5%	40
III.5.3.Essai de compression sur éprouvettes traitées au (CH ₃ COOH) 10%	41
III.5.4.Essai de compression sur éprouvettes non traité	42
III.5.5.Essai de compression sur éprouvettes semi broyées et plâtre 100%	44
III.6.Récapitulation des résultats obtenus	45
III.7.Interprétation des résultats	50

Liste de figures

Figure I.1 Les grandes familles des matériaux.

Figure I.2 Classification des matériaux.

Figure I.3 Multicouche, un exemple de matériau composite.

Figure I.4 Structure d'un matériau composite.

Figure I.5 Matériau composite.

Figure I.6 Types de renfort.

Figure I.7 Certaines plantes, origine des fibres utilisées comme renfort dans les matrices polymères.

Figure I.8 Types de matrice.

Figure I.9 Principe du moulage au contact .

Figure I.10 Principe du moulage par projection simultanée.

Figure I.11 Méthode de moulage par compression.

Figure I.12 Schéma de montage du moulage sous vide.

Figure II.1 Matériaux isotropes et orthotropes.

Figure II.2 Matériau composite unidirectionnel.

Figure II.3 : (a) Arbre de palmier dattier. (b) Fibres extraites des bras de palmier dattier.

Figure II.4 Moulin à blé.

Figure II.5: (a) et (b) Traitement alcalin de la fibre de palmier dattier .

Figure II.6 Dimensions de l'éprouvette norme pour l'essai de flexion.

Figure II.7 : L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales :a) schéma du composite, b) moule avant la coulée de la résine, c) éprouvette coulée.

Figure II.8: L'éprouvette à fibre unidirectionnelle transversales :a) schéma du composite, b) moule avant la coulée de la résine, c) éprouvette coulée.

Figure II.9 Dimensions de l'éprouvette norme pour l'essai de compression.

Figure II.10 : L'éprouvette à fibres bidirectionnelles : a) schéma du composite, b) Moule avant coulée de la résine, c) éprouvette coulée.

Figure II.11: L'éprouvette à fibres semi broyées : a) fibres semi broyées, b) Moule après coulée de la résine) éprouvette coulée.

Figure II.12 : Dimensions de l'éprouvette norme pour l'essai de conductivité thermique.

Figure II.13 : l'éprouvette contenant des fibres sous forme poudre :a) fibres sous forme poudre, b) moule avant la coulée de la résine, c) éprouvette coulée.

Figure II.14 Echantillons en étuve à l'équilibre et à l'humidité.

Figure II.15 balance électronique d'occasion.

Figure II.16 Machine de traction

Figure III.1 Comportement mécanique en flexion sur éprouvettes traitées au NaOH 5%

Figure III.2 Comportement mécanique en flexion sur éprouvettes traitées au (CH₃COOH)5%

Figure III.3 Comportement mécanique en flexion sur éprouvettes traitées au (CH₃COOH)10%

Figure III.4 Comportement mécanique en flexion sur éprouvettes à fibre unidirectionnelle transversales.

Figure III.5 Comportement mécanique en flexion sur éprouvettes non traité et plâtre 100%.

Figure III.6 Comportement mécanique en compression sur éprouvettes traitées au NaOH 5%

Figure III.7 Comportement mécanique en compression sur éprouvettes traitées au (CH₃COOH) 5%.

Figure III.8 Comportement mécanique en compression sur éprouvettes traitées au (CH₃COOH) 10%.

Figure III.9 Comportement mécanique en compression sur éprouvettes non traité.

Figure III.10 Comportement mécanique en compression sur éprouvettes semi broyées et plâtre 100%.

Figure III.11 Comparaison de contrainte.

Figure III.12 Comparaison de déformation.

Figure III.13 Comparaison de module de flexion.

Figure III.14 la rupture des échantillons au flexion.

Figure III.15 Comparaison de contrainte.

Figure III.16 Comparaison de déformation.

Figure III.17 Comparaison de module de compression.

Figure III.18 la rupture des échantillons au compression.

Liste des tableaux

[Tableau I.1](#) étudie l'effet et l'amélioration des charges et des additifs sur le matériau composite.

[Tableau II.1](#) Résultats du poids de l'éprouvettes

[Tableau III.1](#) abréviations des noms des éprouvettes pour la flexion et la compression

[Tableau III.2](#) Fraction massique de la fibre dans un matériau composite

[Tableau III.3](#) Caractéristiques mécaniques de flexion des échantillons traités avec 5% de NaOH.

[Tableau III.4](#) Caractéristiques mécaniques de flexion des échantillons traités avec 5% de CH₃COOH.

[Tableau III.5](#) Caractéristiques mécaniques de flexion des échantillons traités avec 10% de CH₃COOH.

[Tableau III.6](#) Caractéristiques mécaniques de flexion des échantillons de à fibre unidirectionnelle transversales.

[Tableau III.7](#) Caractéristiques mécaniques de flexion des échantillons non traité et plâtre 100%.

[Tableau III.8](#) Caractéristiques mécaniques de compression des échantillons traitées au NaOH 5%.

[Tableau III.9](#) Caractéristiques mécaniques de compression mécanique des échantillons traitées au (CH₃COOH) 5% .

Tableau III.10 Caractéristiques mécaniques de compression des échantillons traitées au (CH₃COOH) 10%.

Tableau III.11 Caractéristiques mécaniques de compression des échantillons non traité.

Tableau III.12 Caractéristiques mécaniques de compression des échantillons semi broyées et plâtre 100%.

Tableau III.13 résultats des valeurs moyennes pour les caractéristiques mécaniques de flexion.

Tableau III.14 résultats des valeurs moyennes pour les caractéristiques mécaniques de compression.

Résumé

Ce travail vise à examiner l'impact de la modification de la concentration de fibres sur le comportement mécanique des matériaux composites, et le thème de cette recherche s'est concentré sur la préparation d'un nouveau biomatériau composite (matrice de gypse renforcée avec des fibres végétales extraites de bras de palmier dattier), et cette fibre a été traitée alcaline afin d'améliorer ses propriétés mécaniques puis d'améliorer l'efficacité du composé dans son ensemble, et ces travaux ont montré de bons résultats dans une large mesure, ouvrant les perspectives de contribuer au développement et à exploiter cette ressource disponible dans le domaine du complexe dans son ensemble Construction et Équipements urbains .

ملخص

هذا العمل هدفه دراسة تأثير تغير تركيز الألياف على السلوك الميكانيكي للمواد المركبة، وقد تمحور موضوع هذا البحث على تحضير مادة حيوية مركبة جديدة (مصنوفة الجبس مقواة بألياف نباتية مستخرجة من أذرع نخيل التمر) ، وقد تمت معالجة هاته الألياف قلوبا قصد التحسين في خصائصها الميكانيكية ومن ثم التحسين من كفاءة المركب ككل ، وقد أبان هذا العمل على نتائج جيدة لحد بعيد مما يفتح آفاق المساهمة في التنمية وإستغلال هذا المورد المتوفر في مجال البناء والتعمير.

Abstract

this work aims to evaluate the mechanical behavior of a new composite based on biomaterial (gypsum matrix reinforced by plant fibre extracted from date palm armes). In this contrast, alkaline chemical traitement was performed on the fibre under the intent of elevating the mechanical properties of the fibres and the composite in general. In the end , results are promising in general which can be utilities for further développement and exploiting in the domaine of constructions and urban equipment of this resource.

Introduction générale

Introduction générale

La conception et le développement de nouveaux matériaux est la principale préoccupation de nombreux secteurs industriels dans le monde à l'heure actuelle et l'environnement a été une préoccupation majeure pour les industries contemporaines, à la fois la technologie et dans les domaines de la vie quotidienne (voitures et urbanisation ...) par conséquent, l'intégration de nouveaux matériaux de nature environnementale est un impératif à l'heure actuelle, les matériaux trop artificiels dans les produits du marché de masse ont dominé les effets de nombreux problèmes environnementaux en raison des émissions toxiques et nocives qu'il provoque pour l'environnement et même pour l'homme dans certains Parfois, en plus de ce manque de ressources, ils ne sont pas renouvelables et vulnérables à une disparition future [1].

Cela a incité les chercheurs à étudier la possibilité de trouver des solutions et des alternatives renouvelables, plus durables et respectueuses de l'environnement, et dans leurs recherches, ils ont obtenu des résultats très réussis avec la possibilité d'investir dans les restes de l'élagage périodique de certaines plantes de la nature et d'en faire une ressource brute renouvelable pour l'extraction des fibres végétaux et leur intégration en tant qu'accessoire et renforcement des matériaux composites dans la fabrication ainsi que la reconstruction comme alternative aux fibres synthétiques, ainsi que caractérisé par des caractéristiques uniques et distinctives en termes de poids réduit, et l'efficacité dans l'isolation acoustique et thermique simule dans une large mesure des propriétés automatisées. Artificiel.

Cependant, malgré ses bonnes caractéristiques, les chercheurs ont trouvé des problèmes dans l'intégration de ces mécanismes en tant qu'éléments améliorés de composés car ils sont de nature hydrique et ne correspondent pas aux rendus généralement utilisés dans les industries, provoquant une mauvaise adhérence et harmonie dans les matériaux produits, ils ont donc soumis l'extrait de substances naturelles à des traitements chimiques et thermiques afin d'améliorer la qualité de l'adhésion et ainsi augmenter l'efficacité du composé.

Au fil des siècles, les plantations de palmiers ont été une source majeure de moyens de subsistance, en particulier à plus grande échelle en Afrique du Nord et au Moyen-Orient, et les produits primaires (fruits) de ces palmiers ont été au centre de l'attention de la

Introduction générale

communauté scientifique, tandis que peu d'intérêt a été manifesté pour leurs sous-produits résultant de la taille annuelle, qui sont souvent considérés comme des déchets agricoles.

Alors qu'il y a ceux qui sont utilisés dans les industries traditionnelles telles que l'industrie du tapis, l'industrie du panier.... etc [2]

À cette fin, dans cette recherche, nous avons préparé et renforcé des composés constitués de la matrice de gypse, avec des fibres à base de plantes extraites des bras de grappe des palmiers dattiers de manière manuelle et isolées sous forme de filaments et traitées chimiquement avec de la soude et de l'acide acétique dans deux proportions différentes. 5% et 10% et variant de 1 heure, 2 heures, 3 heures, afin d'améliorer l'efficacité du composé dans son ensemble en augmentant le processus d'adhésion entre la résine et les fibres et nous avons mené une étude microscopique infrarouge de la structure du mécanisme après traitement.

Après avoir terminé la préparation des échantillons, nous avons mené des expériences, compression et flexion à trois points, une conductivité thermique et nous sommes appuyés sur le principe de l'étude comparative des résultats entre les échantillons renforcés en pourcentage et les échantillons non renforcés.

Chapitre I : Généralités sur les matériaux

I.1. Introduction

Dans ce premier chapitre, nous sommes en train de donner des généralités aux matériaux de manière exhaustive en mentionnant leur concept ainsi que leurs caractéristiques et leur classification, puis nous avons abordé le composant des matériaux composites de manière plus détaillée, en commençant par leur définition et en passant par leurs caractéristiques ainsi que ce que l'on appelle les fibres végétales et enfin en mentionnant les différents types de techniques de préparation et de production.

I.2. Définitions d'un matériau

Un matériau est tout produit (naturel ou artificiel) qui peut être utilisé pour fabriquer des objets. C'est aussi toute substance, ou matière pouvant destinée à être mise en forme.

Il peut être d'origines naturelles comme :

- ✓ les minéraux : ils sont extraits du sol (eau, terre, sable...)
- ✓ les organiques d'origine végétale (bois, coton, lin...)
- ✓ les organiques d'origine animale (laine, viande, lait, corne...)

D'origines artificielles : ils n'existent pas dans la nature ; il faut donc un travail humain ou animal pour transformer des matériaux naturels afin de créer de nouveaux matériaux. C'est ce qu'on appelle les matériaux de synthèse.

- ✓ les métaux que l'on extrait à partir des minéraux (cuivre, zinc, argent, aluminium, plomb...)
- ✓ les alliages qui sont des mélanges de plusieurs métaux (bronze, laiton, zamac...)
- ✓ les plastiques que l'on crée à partir d'éléments naturels comme le bois, le charbon et le pétrole... (PVC, caoutchouc, polystyrène, polyamide, Nylon...) [3].

Ces matériaux peuvent être regroupés en grandes familles selon l'organigramme suivant :

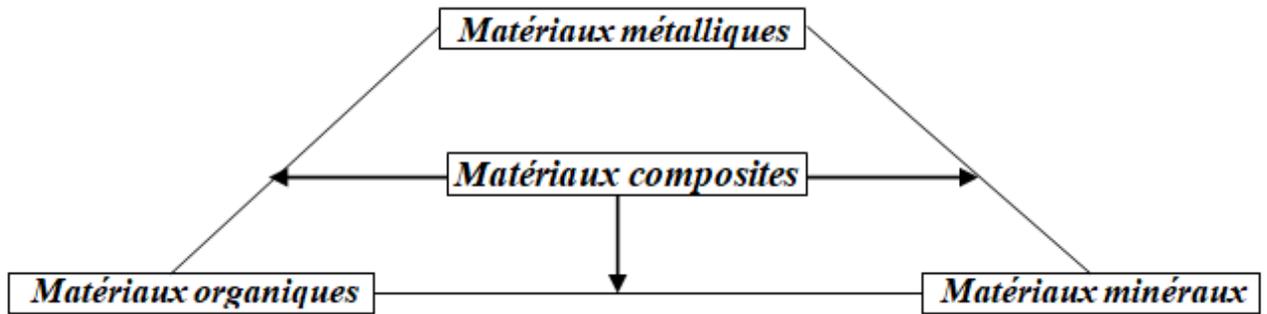


Figure I.1 Les grandes familles des matériaux [3].

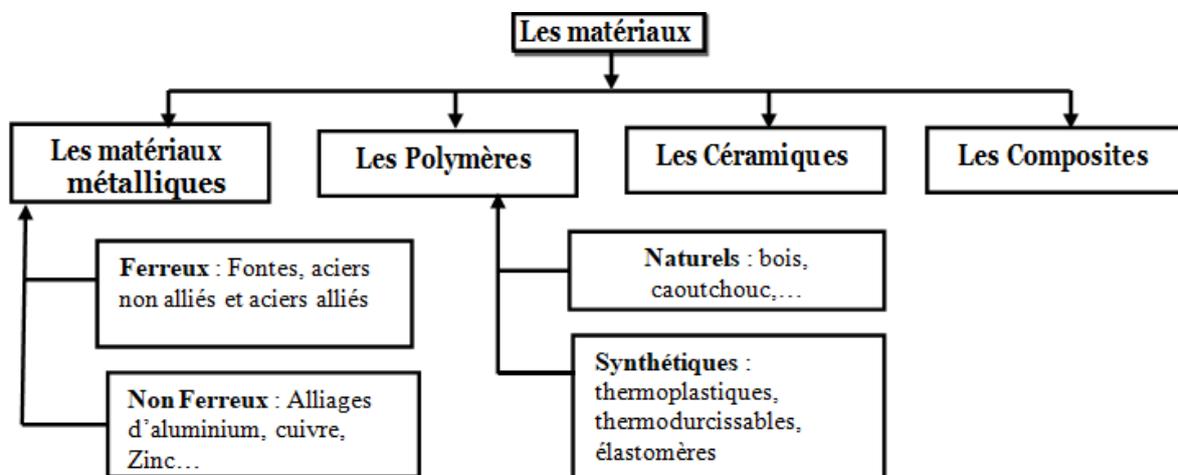


Figure I.2 Classification des matériaux [3].

I.3. Propriétés de matériaux

Les propriétés principales des matériaux peuvent être divisées en plusieurs groupes tels que:

Propriétés physiques : qui mesurent le comportement des matériaux sous l'action de la température, de l'humidité (densité ; masse volumique, porosité, absorption, perméabilité, contraction (gonflement), etc.)

Propriétés chimiques : qui caractérisent le comportement des matériaux dans un milieu réactif état moyen. (Corrosion chimique, attaque acide, etc.)

Propriétés mécaniques : reflétant le comportement des matériaux déformés par les efforts. (Résistance à la compression, à la traction, à la flexion, à la torsion, etc...). Propriétés

thermiques : (dilatation, résistance et réaction au feu, etc...)

I.3.1. Les Propriétés physiques

- ✓ La densité.
- ✓ La masse volumique apparente.
- ✓ La masse volumique absolue.
- ✓ Porosité et compacité.
- ✓ L'humidité.
- ✓ Capacité d'absorption d'eau massique « Ab ».

I.3.2. Les propriétés chimiques

Les propriétés chimiques déterminent la stabilité chimique d'un matériau, c'est-à-dire la capacité du matériau à résister à l'action chimique des acides ou à l'action des facteurs atmosphériques tels que l'humidité et la température pendant l'utilisation.

I.3.3. Les propriétés mécaniques

Les propriétés mécaniques d'un matériau se caractérisent par sa capacité à résister à toute contrainte extérieure (compression, traction, flexion, fluage, etc.). Elle est définie La contrainte de rupture maximale du matériau sous des charges externes (force, poids, etc.). Notre principale distinction résistance à la compression, Résistance à la traction (directe ou à la flexion) [4,5].

I.4. Matériau composite

I.4.1. Définition

Un matériau composite est une combinaison d'au moins deux composants non miscibles (mais à forte pénétration) dont les propriétés se complètent. Les nouveaux matériaux hétérogènes ainsi formés ont des propriétés que ne possèdent pas les composants individuels. Ce phénomène permet d'améliorer la qualité des matériaux face à des usages spécifiques (légèreté, rigidité sous contrainte, etc.), ce qui explique l'utilisation croissante des matériaux composites dans divers secteurs industriels. Cependant, la description fine des composites reste compliquée d'un point de vue mécanique du fait de l'inhomogénéité du matériau [4].

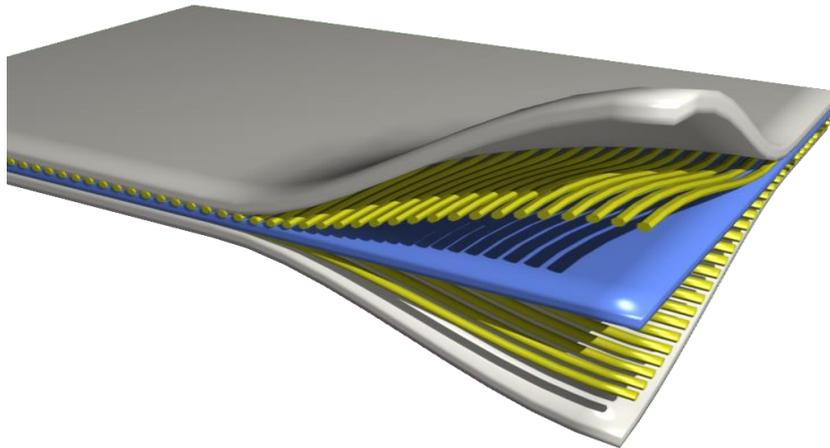


Figure I.3 Multicouche, un exemple de matériau composite [6].

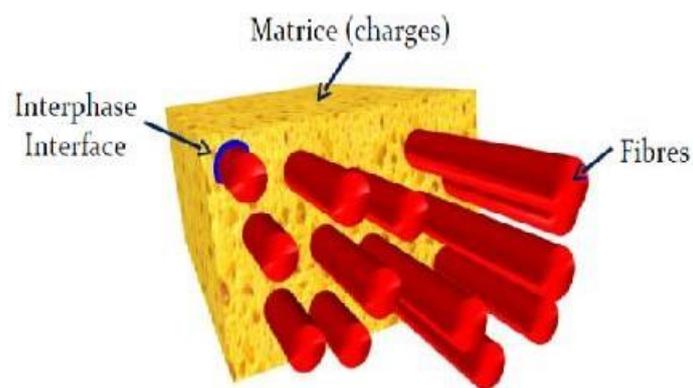


Figure I.4 Structure d'un matériau composite [7].

I.5. Les constituants des Matériau composite

En général, les principaux composants d'un composite sont :

- ✓ Le renfort.
- ✓ La matrice.
- ✓ Les charges et les additifs [8].

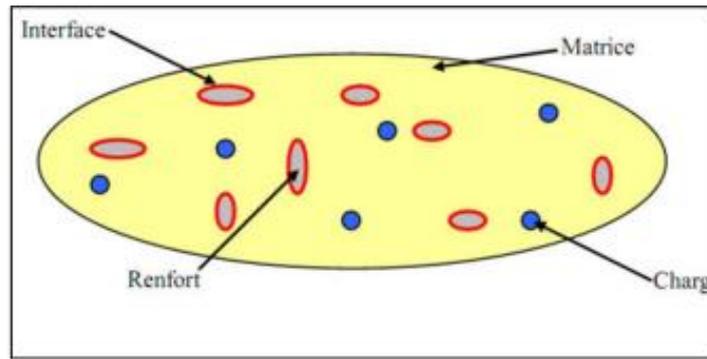


Figure I.5 Matériau composite [8].

I.5.1. Les renforts

Les renforts assurent les propriétés mécaniques du matériau composite et un grand nombre de fibres sont disponibles sur le marché en fonction du prix de revient cible de la structure fabriquée. Les renforts à base de fibres se présentent sous les formes suivantes:

- ✓ Linéique (fils, mèches).
- ✓ Tissus surfaciques (tissus, mats).
- ✓ Multidirectionnelle (tresse, tissus complexes, tissage tri directionnel ou plus).

La classification des types courants de renforcement est illustrée à (figure I.6) [9, 10].

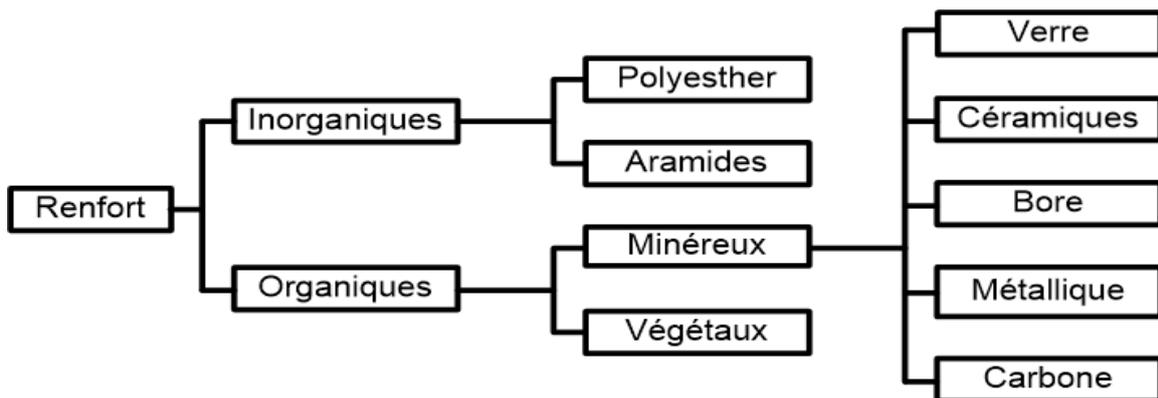


Figure I.6 Types de renfort.

I.5.1.1. Les renforts naturels

Les fibres naturelles sont généralement classées selon leur origine : animale, végétale et minérale. Les fibres végétales sont principalement des fibres lignocellulosiques,

généralement issues du bois (feuillus ou résineux). D'autres fibres peuvent être utilisées, telles que les fibres de tige ou de feuille telles que la paille de maïs, le roseau, les fibres prélibérales telles que le lin, le chanvre ou le kénaf, les fibres de bois dur telles que l'abaca ou le sisal, ou les fibres de céréales telles que le coton ou la noix de coco [11].

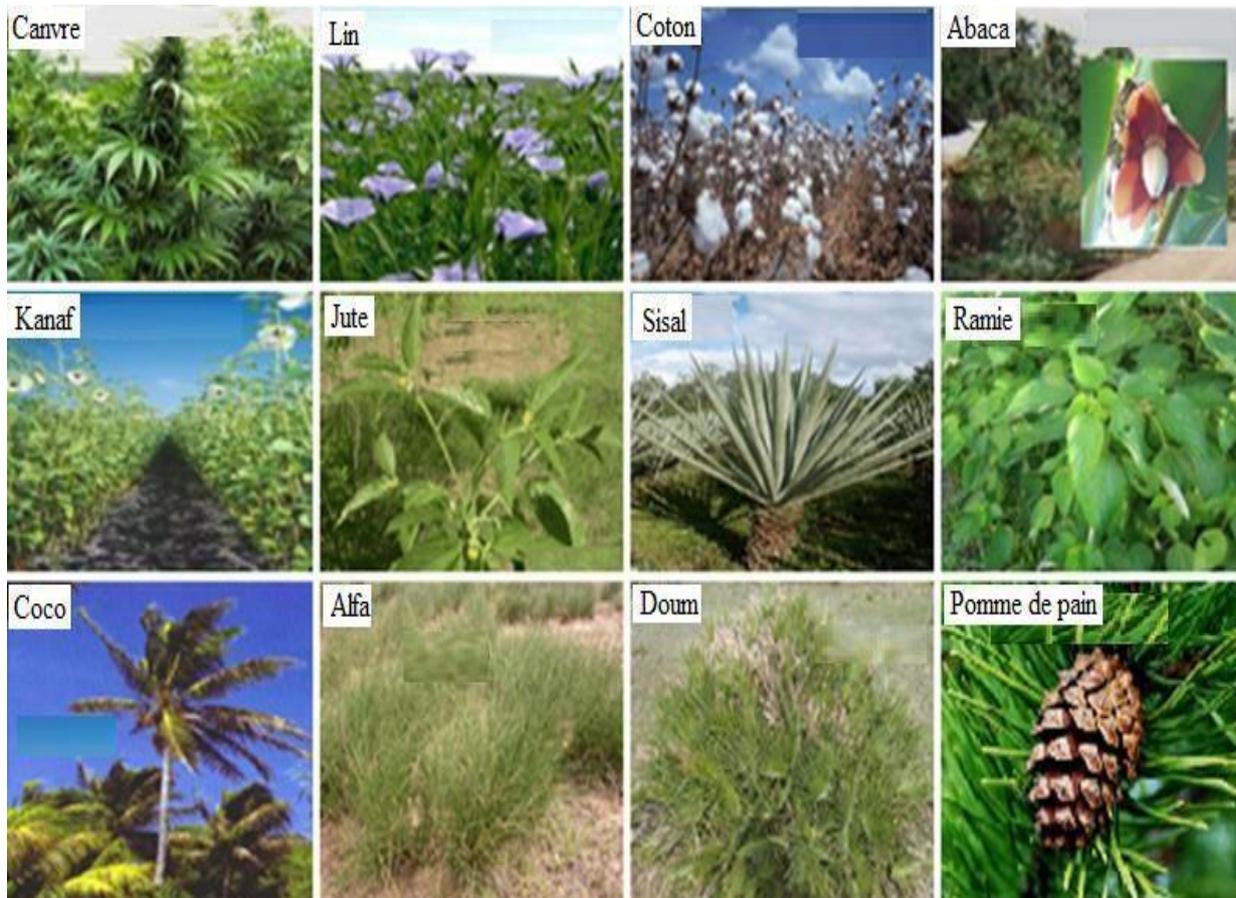


Figure I.7 Certaines plantes, origine des fibres utilisées comme renfort dans les matrices polymères [11].

I.5.2. Les matrice

La matrice est l'élément qui lie et maintient les fibres ensemble. Répartit les efforts (résistance à la compression ou à la flexion) et assure une protection chimique des fibres. La classification des types de tableaux courants est illustrée dans (figure I.8) [12,13].

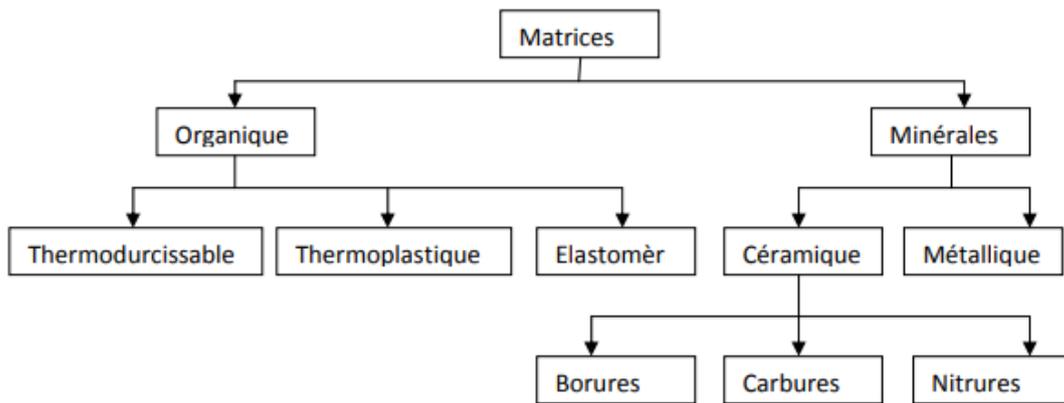


Figure I.8 Types de matrice.

I.5.3. Les charges et additifs

Les charges et additifs sont des substances d'origine minérale, végétale, synthétique ou organique sous forme de poudre ou de fibre, chimiquement pures et inertes vis-à-vis des résines. Mélangés à une résine, ils confèrent de nouvelles propriétés et modifient les caractéristiques du produit final.

	Influent	Améliorant
Les charges	L'aspect du produit La viscosité La densité L'opacité Le temps de gel Le prix de revient	La résistance à l'humidité La résistance aux agents chimiques La résistance au feu La résistance à la chaleur La résistance aux chocs

Tableau I.1 étudie l'effet et l'amélioration des charges et des additifs sur le matériau composite.

Exemple :

- ✓ Carbonate de calcium : augmente la viscosité, réduit le coût.
- ✓ Hydrate d'alumine : augmente la tenue au feu.
- ✓ Oxyde de titane : coloration ultra-blanche.
- ✓ Poudre de Quartz : Augmente la dureté, augmente la résistance à l'abrasion,

augmente la résistance à la rayure, confère des propriétés diélectriques [14,15].

I.6. Technique d'élaboration des matériaux composites

Il existe de nombreuses techniques pour produire des matériaux composites avec des renforts plus résistants. Parmi eux :

I.6.1. Moulage au contact

C'est la méthode la plus simple qui nécessite le moins d'équipement. Nous utilisons des moules en bois verni, métal, etc., sur lesquels nous appliquons successivement : un agent de démoulage, une couche de surface (optionnelle) et des couches successives de renforts imprégnés par laminage d'une résine qui polymérise à température ambiante [16].

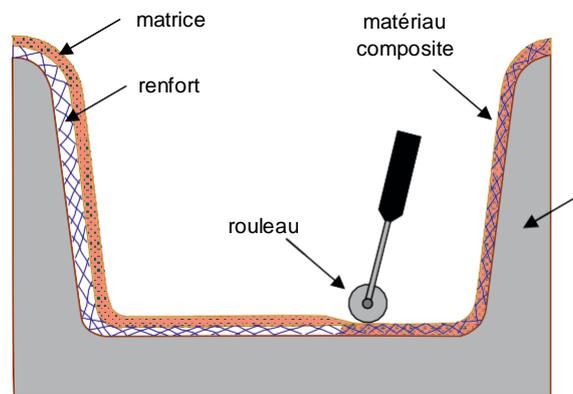


Figure I.9 Principe du moulage au contact [17].

I.6.2. Moulage par projection simultanée

C'est aussi un procédé manuel ou robotisé qui permet la réalisation de pièces à partir de résines, même à l'état liquide, thermodurcissables et à température ambiante sans pression. Les matières premières sont mises en œuvre à l'aide d'une machine dite "à projection", qui comprend:

- ✓ Un dispositif de coupe - projection du renfort
- ✓ Un ou deux pistolets projetant simultanément la résine

Les fils coupés et la résine sont projetés sur la surface préparée du moule puis compactés à l'aide de rouleaux et d'ébulleurs. La résine injectée pré-accélérée est catalysée en

continu lors de sa projection [18].

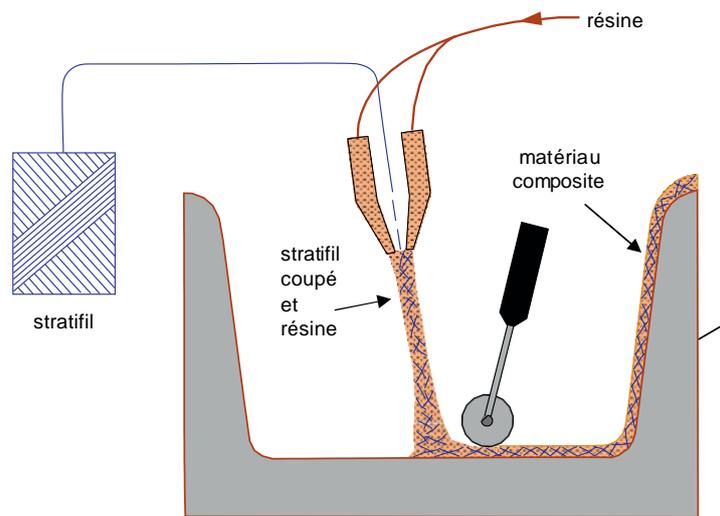


Figure I.10 Principe du moulage par projection simultanée [17].

I.6.3. Moulage par compression

Le moulage par compression est l'une des méthodes les plus économiques pour fabriquer des pièces de petite et moyenne taille en grande série. Une préforme composée d'un composé de moulage (résine, renfort, catalyseur et additifs déjà pré-mélangés dans le rapport optimal) est placée dans une cavité de moule chauffée puis pressée à sa taille finale. Des pressions allant de 0,5 à 15 MPa sont utilisées [14].

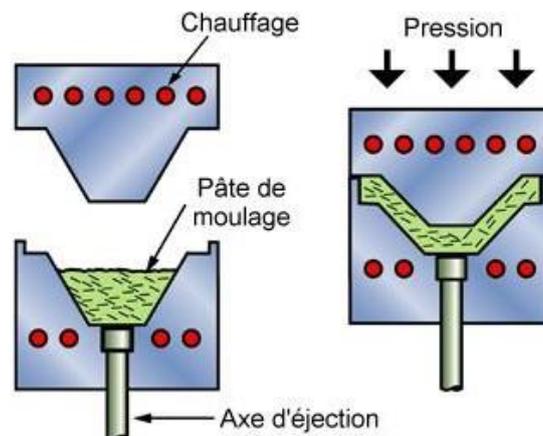


Figure I.11 Méthode de moulage par compression [16].

I.6.4 Le moulage sous vide

La coulée sous vide est une variante de la coulée par contact. Il permet d'obtenir des pièces plus performantes que ces dernières sans avoir à acquérir des équipements très coûteux ou hautement spécialisés. Il est même souvent possible de conserver les moules utilisés pour la pulvérisation par contact lors de la conversion au formage sous vide. Assurez-vous simplement que le moule est hermétique et modifiez-le pour avoir une lèvre pour sceller la pièce.

Le laminage initial de la pièce se fait comme dans le formage au contact. Cependant, une fois le moulage terminé, la pièce est ensachée et aspirée jusqu'à ce qu'elle soit consolidée (polymérisation de la résine) et prête à être démoulée [19].

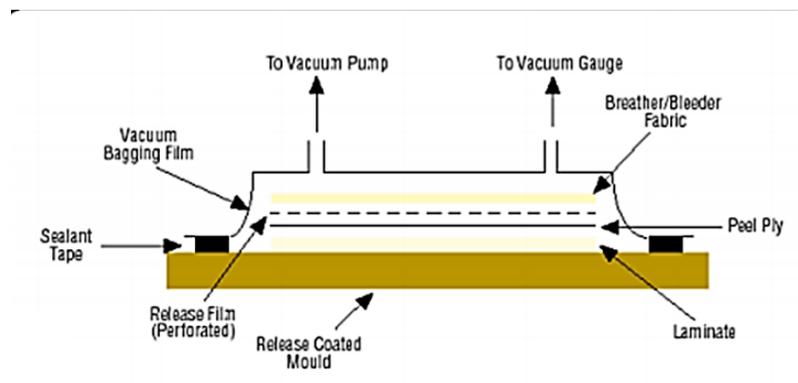


Figure I.12 Schéma de montage du moulage sous vide [20].

I.7. Conclusion

Notre étude bibliographique dans ce chapitre I s'est concentrée sur les points et éléments d'approbation les plus importants pour la partie expérimentale et appliquée, qui seront discutés en détail dans le deuxième chapitre de cette recherche.

Chapiter II : **EXPÉRIMENTATIONS**

II.1. Introduction

Dans cette partie du travail, nous allons préparer les échantillons selon un protocole expérimental qui commence par clarifier la technique d'extraction des fibres, en passant par les traitements chimiques de celles-ci, puis le processus de fixation des fibres sur le moule et de coulage de la éprouvettes, en prenant soin d'obtenir la caractéristique d'homogénéité et modelage du matériau composite. Après l'achèvement, vient le processus de séchage et mesuré les poids des éprouvettes avant de les soumettre à des essais mécaniques.

II.2. La modélisation des matériaux composites

La modélisation des matériaux composites est basée sur les hypothèses d'homogénéité et d'osmose en étudiant sa composition et sa microstructure, car les caractéristiques du composé sont censées être identiques dans toutes les directions de l'espace pour s'assurer qu'il est plus facile d'étudier son comportement mécanique, car tout changement dans ces caractéristiques affecte les résultats de l'étude du comportement mécanique.

II.2.1. Matériaux isotropes

Un matériau est dit isotrope si ses propriétés mécaniques et thermiques sont les mêmes dans toutes les directions. Les matériaux isotropes peuvent avoir des structures microscopiques homogènes ou non homogènes. Par exemple, l'acier se comporte de manière isotrope, mais sa structure microscopique n'est pas homogène [21].

II.2.2. Matériaux orthotropes

Un matériau est dit orthotrope si ses propriétés mécaniques ou thermiques sont différentes et indépendantes selon trois directions perpendiculaires entre elles. Le bois, de nombreux verres et la tôle sont des exemples de matériaux orthotropes.

Par exemple, les propriétés mécaniques du bois en un point sont décrites dans les directions longitudinale, radiale et tangentielle. L'axe longitudinal (1) est parallèle à la direction du grain (fibre). L'axe radial (2) est normal par rapport aux anneaux d'accroissement. L'axe tangentiel (3) est tangent par rapport aux anneaux d'accroissement. [21].

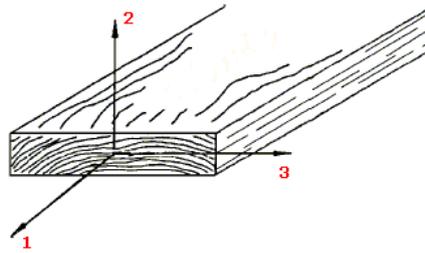


Figure II.1 Matériaux isotropes et orthotropes.

II.2.3. Un matériau unidirectionnel

La cellule unitaire d'un matériau composite unidirectionnel peut être considérée comme constituée d'une fibre entourée d'un cylindre matriciel. Le matériau est alors appelé matériau de rotation orthotrope ou matériau transversalement isotrope [22].

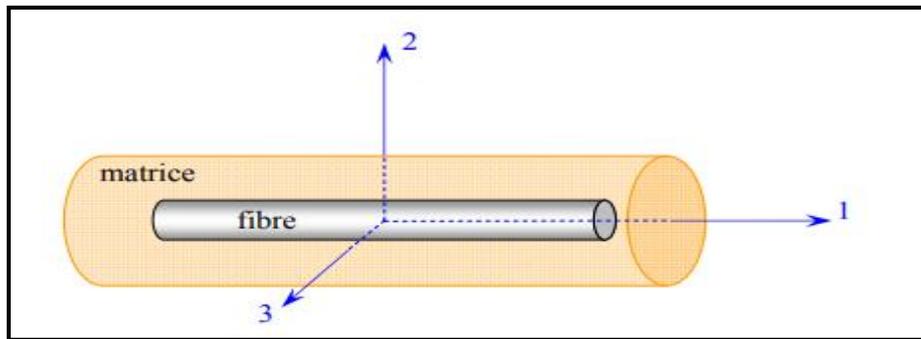


Figure II.2 Matériau composite unidirectionnel.

II.3. Morphologie et extraction des fibres des bras de grappe des palmiers dattiers

Les fibres végétales testées sont issues des bras de grappe des palmiers dattiers de la région de Biskra (figure II.3). Les bras de grappe sont d'un coût négligeable car elles sont récupérées lors de la récolte des dattes en général au mois de Décembre. Ces tiges sont en abondance en Algérie au vue que cette dernière possède plus de 18,5 millions de palmier dattier [23]. Ces fibres sont jetées ou brûlées chaque année après l'entretien et la récolte des palmiers. Cette ressource naturelle et renouvelable mérite ainsi d'être valorisée.

II.3.1.Méthode d'extraction des fibres

La méthode d'extraction des fibres utilisée dans ce travail consiste à immerger les tiges de palmier (tiges) dans un bain d'eau pendant 48 heures pour faciliter l'extraction des fibres. Ensuite, les tiges sont épluchées manuellement et les fibres extraites



Figure II.3 : (a) Arbre de palmier dattier. (b) Fibres extraites des bras de palmier dattier.

II.3.2.Méthode d'extraction la poudre de fibre

Après avoir extrait les fibres des bras des palmiers dattiers, nous les avons coupées en petites parties afin de faciliter le processus de broyage, nous avons utilisé un moulin traditionnel comme le montre igureII.4 (moulin à blé) et le principe de ce type de broyage est d'écraser les fibres sans les endommager. Puis le processus de tamisage pour séparer les fibres semi-broyées sur la poudre.



Figure II.4 Moulin à blé.

II.4.Traitement alcalin de la fibres de palmier dattier

Nous avons traité les grappes de fibres de palmier dattier dans deux solutions de concentrations différentes (figure II.5) :

- La soude (NaOH) 5% duré 1h-2h-3h.
- L'acide acétique (CH_3COOH)5% et 10% duré 1h-2h-3h

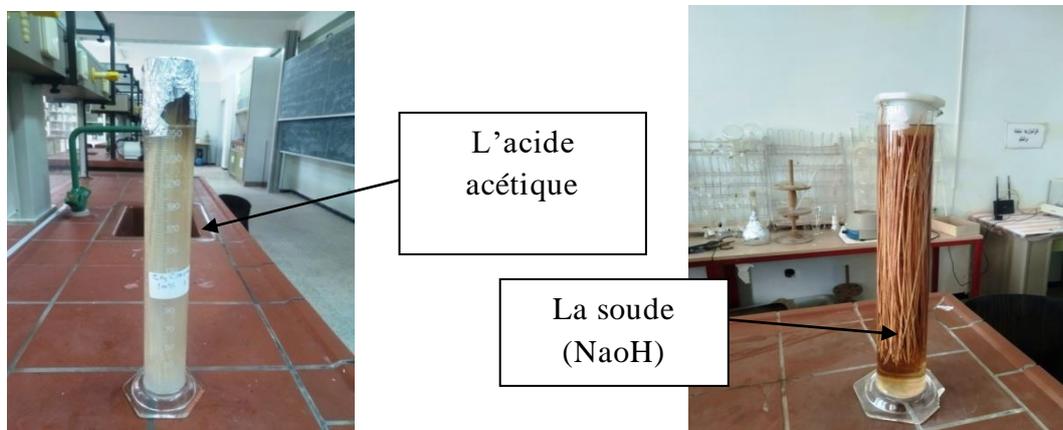


Figure II.5: (a) et (b) Traitement alcalin de la fibre de palmier dattier .

II.5. Comment préparer le matériau composite renforcé

Le matériau composite est constitué de gypse renforcé de fibres extraites des bras de la grappe du palmier dattier.

II.6. Préparation des éprouvettes pour l'essai de flexions

II.6.1.L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales

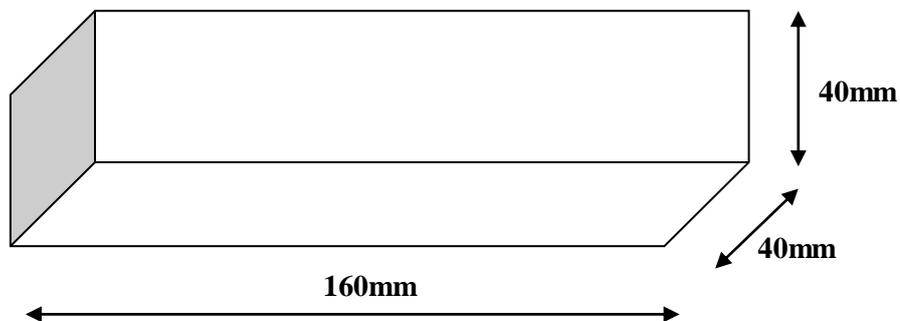


Figure II.6 Dimensions de l'éprouvette norme pour l'essai de flexion.

Le moule en bois mesure $40 \times 40 \times 160$ mm. Fixez la fibre avec le moule des deux côtés, puis versez le mélange de gypse dans le moule. Comme le montre (figure II.7)

- Le gypse est une espèce minérale composée de sulfate dihydraté de calcium, de formule chimique $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$.

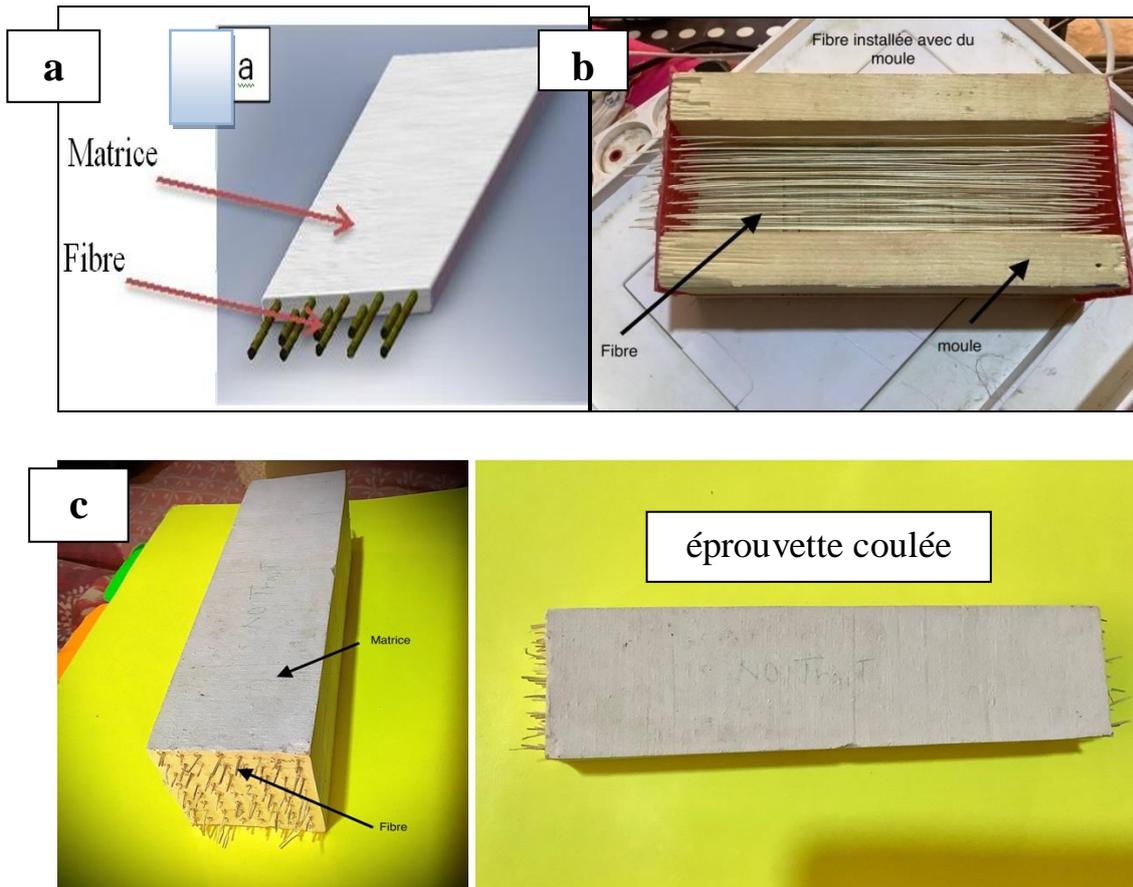


Figure II.7 : L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales :a) schéma du composite, b) moule avant la coulée de la résine, c) éprouvette coulée.

Pour développer nos matériaux composites, nous avons utilisé un moule métallique (figure II.7), le composé est constitué d'une matrice de gypse renforcée par des fibres extraites des bras de grappe des palmiers dattiers, nous plaçons soigneusement ces fibres et les étendons pour obtenir une direction avec stabilisation des deux côtés.

Nous faisons de même pour d'autres échantillons, seulement différents dans le traitement des fibres afin d'améliorer leurs propriétés.

II.6.2.L'éprouvette à fibre unidirectionnelle transversales

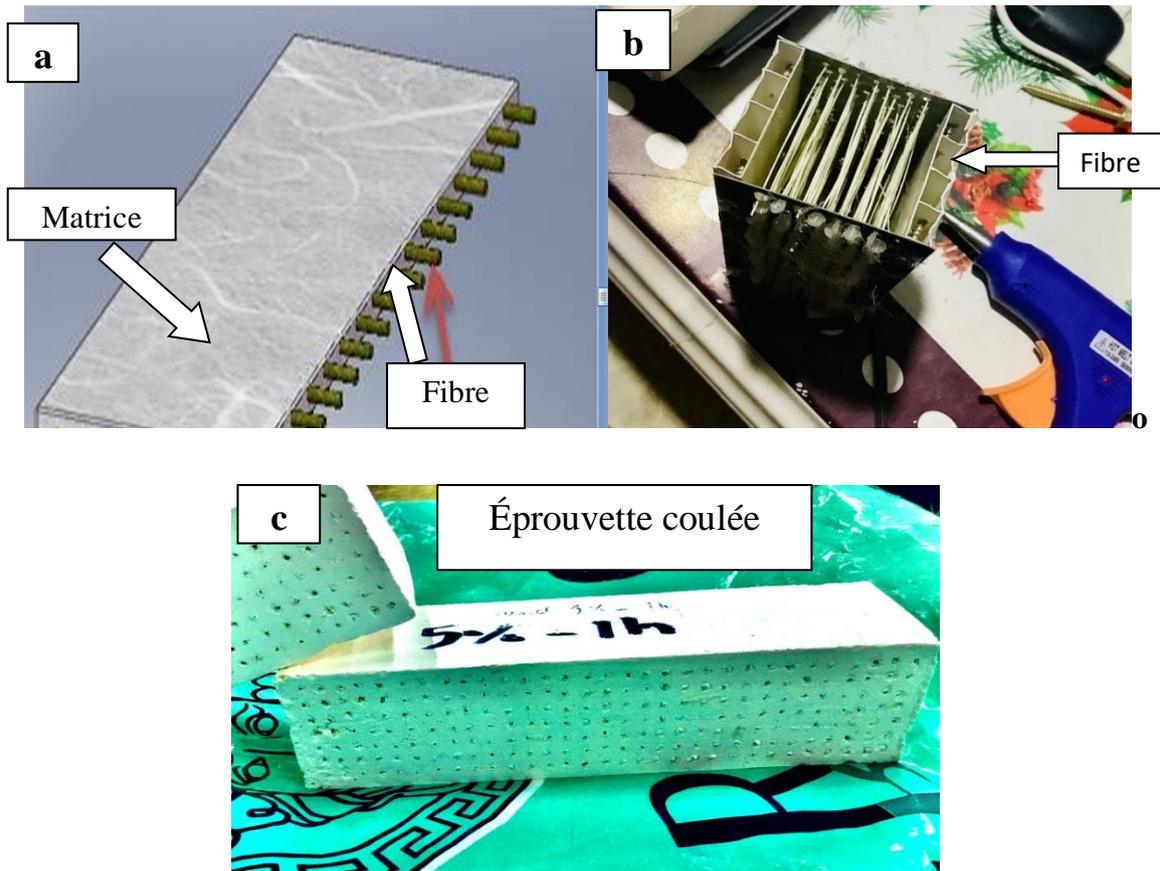


Figure II.8: L'éprouvette à fibre unidirectionnelle transversales :a) schéma du composite, b) moule avant la coulée de la résine, c) éprouvette coulée.

En ne prenant en compte que les mêmes étapes que les échantillons précédents, nous avons modifié le monologue de fibres directionnelles transversales en respectant les mêmes quantités que la préparation précédente des échantillons.

II.7. Préparation des éprouvettes pour l'essai de compression

II.7.1 L'éprouvette à fibres bidirectionnelles

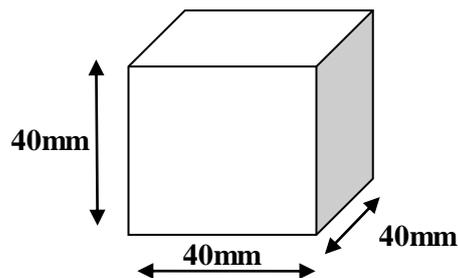


Figure II.9 Dimensions de l'éprouvette norme pour l'essai de compression.

Le moule en bois mesure 40 x 40 x 40 mm. Fixez les fibres avec le moule sur les côtés opposés, puis versez le mélange de gypse dans le moule. Comme le montre (Figure II.10).

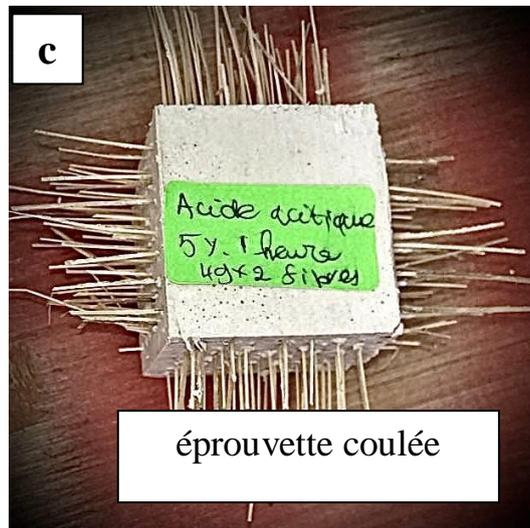
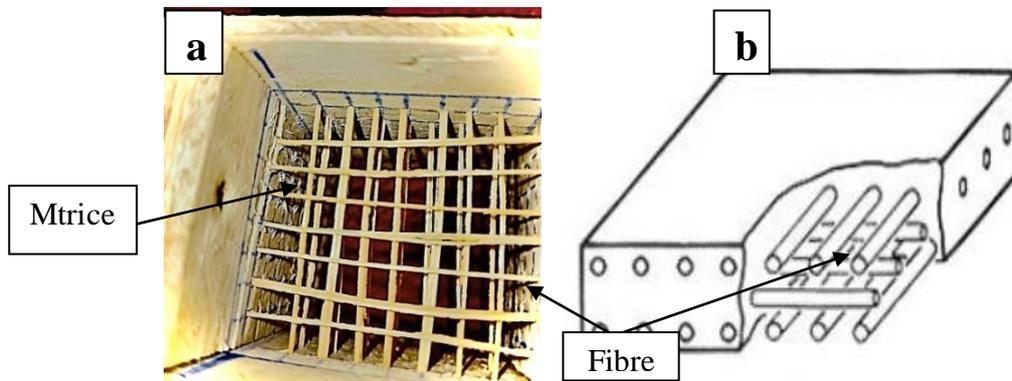


Figure II.10 : L'éprouvette à fibres bidirectionnelles : a) schéma du composite, b) Moule avant coulée de la résine, c) éprouvette coulée.

Dans cette partie des échantillons, nous avons fixez les fibres dans deux directions (Longitudinale et transversale) sur le même moule.

II.7.2.L'éprouvette à fibres semi broyées

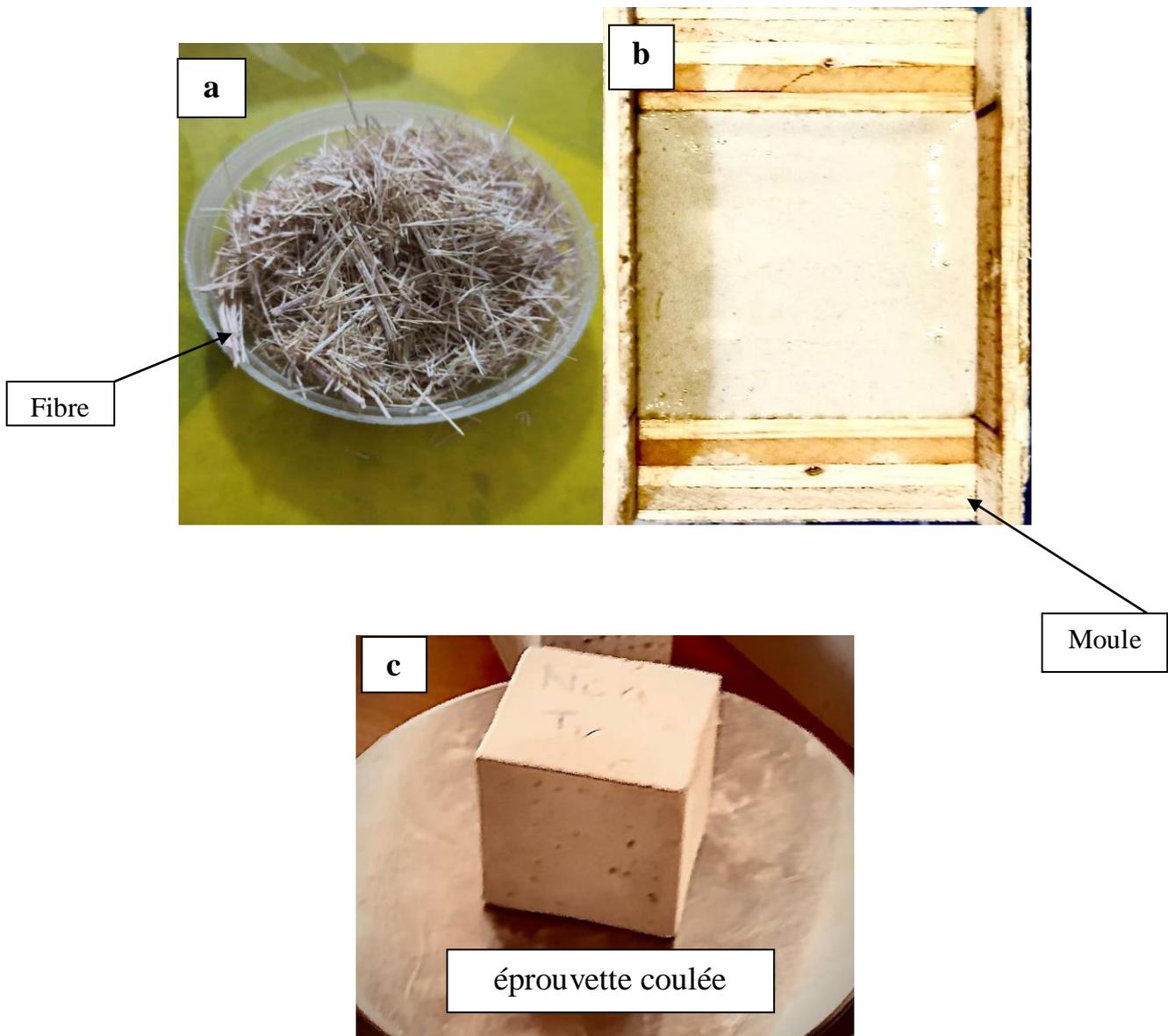


Figure II.11: L'éprouvette à fibres semi broyées : a) fibres semi broyées, b) Moule après coulée de la résine) éprouvette coulée.

Dans ces échantillons, nous avons broyé la fibre et l'avons laissée à l'état semi-fondamental pour la mélanger avec du plâtre à un rapport de masse connu.

II.8.Préparation des éprouvettes pour l'essai de conductivité thermique

II.8.1. L'éprouvette contenant des fibres sous forme poudre

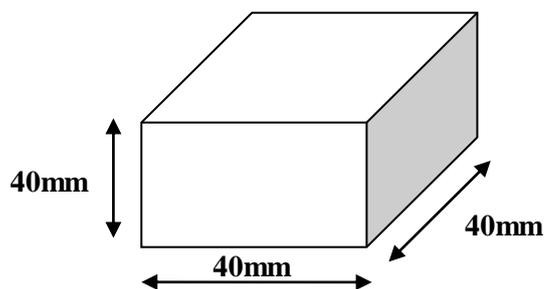


Figure II.12 : Dimensions de l'éprouvette norme pour l'essai de conductivité thermique.

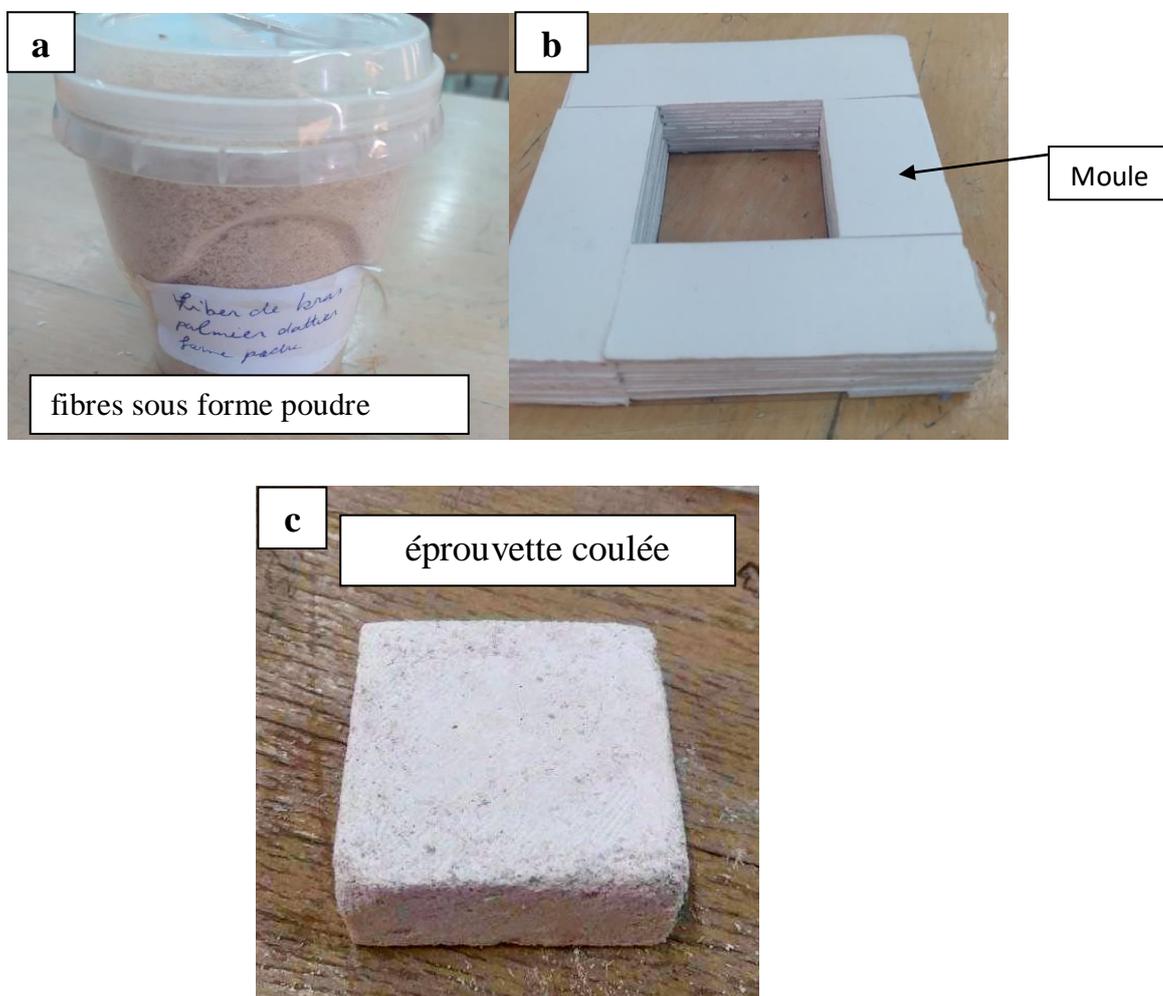


Figure II.13 : l'éprouvette contenant des fibres sous forme poudre :a) fibres sous forme poudre, b) moule avant la coulée de la résine, c) éprouvette coulée.

Dans ce travail, nous avons mélangé la poudre de fibres avec la poudre de gypse pour former des échantillons avec un changement dans les rapports de masse de poudre à chaque fois.

II.9.La préparation des éprouvettes

Après avoir préparé les échantillons nécessaires d'essai de compression, de flexion 3 points, de conductivité thermique, nous les mettons au four pendant 24h à 60°C.



Figure II.14 Echantillons en étuve à l'équilibre et à l'humidité.

Après avoir séché les échantillons à l'aide d'un four à balance et étuve d'humidité à $T=60\text{ }^{\circ}\text{C}$, nous les pesons à l'aide d'une balance électronique, comme indiqué sur (figure II.15).



Figure II.15 balance électronique d'occasion.

II.10. Résultats du poids de l'éprouvette

	Tr par soude (NaoH)	Tr par l'acide acétique	No Tr
L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales 64 fibres.	200g	170g	175g
L'éprouvette à fibre unidirectionnelle transversales 217 fibres.	215g	200	204g
L'Éprouvette à fibres bidirectionnelles (49 x2) 98 fibres.	50g	47g	52g
L'éprouvette à fibres semi broyées.			54g

Tableau II.1 Résultats du poids de l'éprouvette

II.11. Machine d'essai mécanique

Machine d'essai INSTRON 5969 3.1. Machine d'essai Les essais de fluage en flexion sont réalisés à l'aide d'une machine à double colonne Instron 5969 d'une capacité de 50 kN (figure II.16) équipée d'un système d'acquisition et de contrôle Bleuhill 3. La machine est équipée d'un extensomètre vidéo sans contact. Contrairement aux extensomètres conventionnels, l'extensomètre vidéo offre l'avantage de la mesure directe. Il permet également la mesure sans affecter l'échantillon[24].



Figure II.16 Machine de traction

II.12. Conclusion

Du fait que le protocole expérimental utilisé pour la coulée des échantillons est de nature purement manuelle, ce qui peut affecter la précision des dimensions de l'éprouvette, en plus de la légère variation des diamètres des fibres, ainsi que la qualité de leur adhésion à la matrice , tous ces obstacles sont des facteurs et indicateurs qui vont quelque peu influencer sur les résultats des essais ainsi que sur le comportement mécanique des échantillons.

Chapiter.III :

Résultats et discussion

III.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons faire des tests de flexion et de compression sur les échantillons effectués avec la machine de traction.

Ensuite, nous passons à l'étape de l'analyse et du traitement des résultats obtenus à partir des courbes, puis nous identifions les caractéristiques mécaniques de chaque échantillon.

III.2. Essai mécanique

Pour les essais mécaniques, nous avons préparé 25 éprouvettes d'essai de flexion et 17 éprouvettes d'essai de compression, renforcés par des fibres traitées avec différentes concentrations et différentes directions, comme indiqué dans le tableau(tableauIII.1)suivants.

Abréviation	Nom complet de l'éprouvette
L1	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales (NaOH) 5% duré 1h.
L2.1	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales (NaOH) 5% duré 2h.
L2.2	
L3.1	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales (NaOH) 5% duré 3h.
L3.2	
L4.1	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales (CH ₃ COOH)5% duré 1h.
L4.2	
L5.1	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales (CH ₃ COOH)5% duré 2h.
L5.2	
L6.1	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales (CH ₃ COOH)5% duré 3h.
L6.2	
L7.1	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales (CH ₃ COOH)10% duré 1h.
L7.2	

L8.1	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales (CH ₃ COOH)10% duré 2h.
L8.2	
L9.1	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales (CH ₃ COOH)10% duré 3h.
L9.2	
L10.1	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales non traité.
L10.2	
T1	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle transversales (NaOH) 5% duré 3h.
T2	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle transversales (CH ₃ COOH)5% duré 1h.
T3	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle transversales (CH ₃ COOH)5% duré 2h.
T4	L'éprouvette à fibre unidirectionnelle transversales non traité.
P1.1	L'éprouvette plâtre 100%.
P1.2	
TL1.1	L'éprouvette à fibres bidirectionnelles (NaOH) 5% duré 2h.
TL1.2	
TL2.1	L'éprouvette à fibres bidirectionnelles (NaOH) 5% duré 3h.
TL2.2	
TL3	L'éprouvette à fibres bidirectionnelles (CH ₃ COOH)5% duré 2h.
TL4.1	L'éprouvette à fibres bidirectionnelles (CH ₃ COOH)5% duré 3h.
TL4.2	
TL5.1	l'Éprouvetteà fibres bidirectionnelles (CH ₃ COOH)10% duré 2h.
TL5.2	
TL6.1	l'Éprouvetteà fibres bidirectionnelles (CH ₃ COOH)10% duré 3h.
TL6.2	
TL7.1	l'Éprouvetteà fibres bidirectionnelles non traité.
TL7.2	
AL1.1	L'éprouvette à fibres semi broyées.
AL1.2	
PL1.1	L'éprouvette plâtre 100%.
PL1.2	

Tableau III.1 abrégations des noms des éprouvettes pour la flexion et la compression

III.3. Fraction massique de la fibre dans un matériau composite

Nous sommes appuyés sur la méthode de trouver les fractions massiques de la fibre dans les échantillons au détriment de la masse linéaire de 1 centimètre de fibre après avoir trouvé avec un équilibre précis une quantité de poids approximative de 52 fibres avec une longueur fixe de 16 centimètres égale à 2 grammes, et l'avons mis en pourcentage fixe qui faciliterait le calcul de la masse de la fibre dans chaque éprouvette, et en connaissant la quantité du poids de la pièce totale, il est facile de calculer le fraction massique de la fibre dans chaque pièce selon la relation suivante:

$$P(1cm f) = \frac{2}{52 \times 16} = 2,4 \times 10^{-3} g$$

$$mf = Nf \times Lf \times P(1cm f)$$

$$\omega = \frac{mf}{mtot}$$

Sachant que :

$P(1cm f)$: valeur approchée de poids d'un 1 cm de fibre [g].

mf : valeur massique de la fibre dans une éprouvette[g].

Nf : nombre de fibre dans une éprouvette .

Lf :longueur de fibre [cm].

ω : fraction massique de la fibre dans une éprouvette.

$mtot$:valeur de massique totale dans une éprouvette[g] .

nom de l' éprouvette	N_f [fibre]	L_f [cm]	m_f [g]	m_{tot} [g]	ω [%]
L'éprouvette à fibre unidirectionnelle longitudinales	64	16	2,46	185	1,3
L'éprouvette à fibre unidirectionnelle transversales	217	4	2,08	208	1
L'éprouvette à fibres bidirectionnelles	98	4	0,95	48	2

Tableau III.2 Fraction massique de la fibre dans un matériau composite

III.4. Essai de flexion

III.4.1.Essai de flexion sur éprouvettes traitées au NaOH 5%

La figure(figure III.1) représente contrainte-déformation pour les éprouvettes contenant 1,3 % de fibres traitées au (NaOH) 5% duré 1h-2h (fibre unidirectionnelle longitudinales).

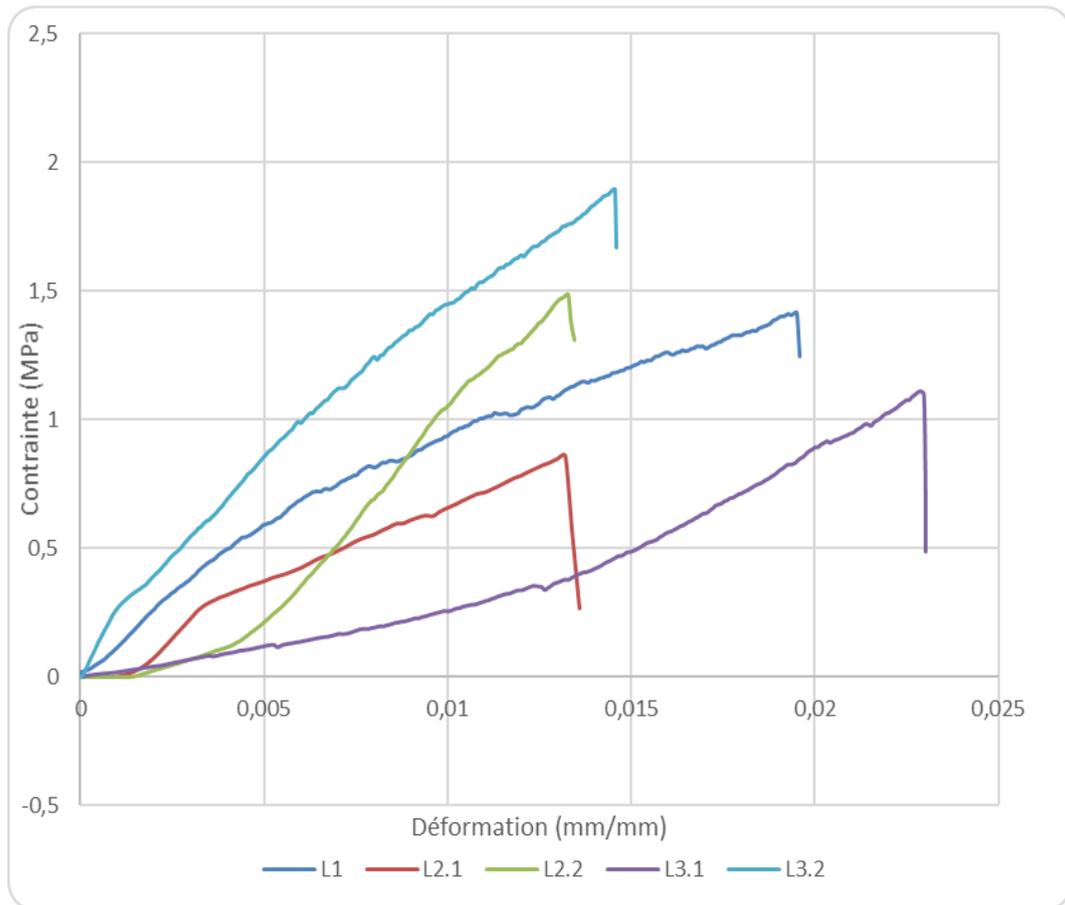


Figure III.1 Comportement mécanique en flexion sur éprouvettes traitées au NaOH 5%

Cette courbe sur la figure III.1 représente les valeurs de contrainte σ en fonction de déformation ϵ pour l'éprouvettes à fibre unidirectionnelle longitudinales dans (NaOH) 5% duré 1h-2h.

Dans le tableau III.3. On a noté les valeurs de la courbe et on a calcul du module de flexion E, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte- déformation. Nous les mettons dans le tableau suivant :

nom de l' éprouvette	σ max [MPa]	ϵ max [mm/mm]	E [MPa]
L1	1,41587	0,02304	60,2
L2.1	0,86004	0,0178	57,93
L2.2	1,48436	0,0324	132,3
L3.1	1,11037	0,02288	74,98
L3.2	1.89372	0,01456	121,3

Tableau III.3 Caractéristiques mécaniques de flexion des échantillons traités avec 5% de NaOH.

III.4.2.Essai de flexion sur éprouvettes traitées au CH₃COOH 5%

La figure(figure III.2) représente contrainte-déformation pour les éprouvettes contenant 1,3 % de fibres traitées au (CH₃COOH)5% duré 1h-2h-3h (fibre unidirectionnelle longitudinales).

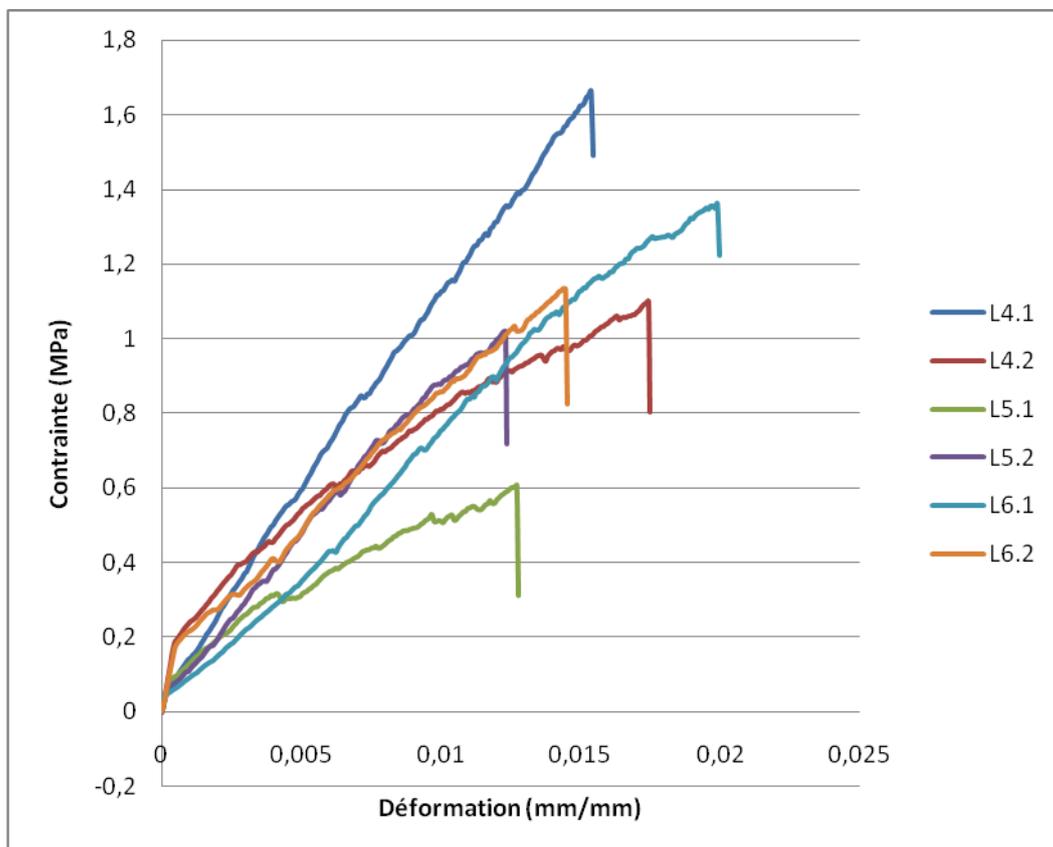


Figure III.2 Comportement mécanique en flexion sur éprouvettes traitées au (CH₃COOH)5%

Cette courbe sur la figure III.2 représente les valeurs de contrainte σ et en fonction de déformation ϵ pour L'éprouvettes à fibre unidirectionnelle longitudinales dans $(\text{CH}_3\text{COOH})5\%$ duré 1h-2h-3h.

Dans le tableau III.4 On a noté les valeurs de la courbe et on a calcul du module de flexion E, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte- déformation. Nous les mettons dans le tableau suivant :

nom de l' éprouvette	σ max [MPa]	ϵ max [mm/mm]	E [MPa]
L4.1	1,66217	0,01536	105,6
L4.2	1,10173	0,01745	74,98
L5.1	0,60854	0,01272	71,16
L5.2	1,01827	0,01232	86,75
L6.1	1,36224	0,02288	73,87
L6.2	1,13401	0,0144	70,50

Tableau III.4 Caractéristiques de flexion mécanique des échantillons traités avec 5% de CH_3COOH .

III.4.3.Essai de flexion sur éprouvettes traitées au CH_3COOH 10%

La figure(figure III.3) représente contrainte-déformation pour les éprouvettes contenant 1,3 % de fibres traitées au $(\text{CH}_3\text{COOH})10\%$ duré 1h-2h-3h (fibre unidirectionnelle longitudinales).

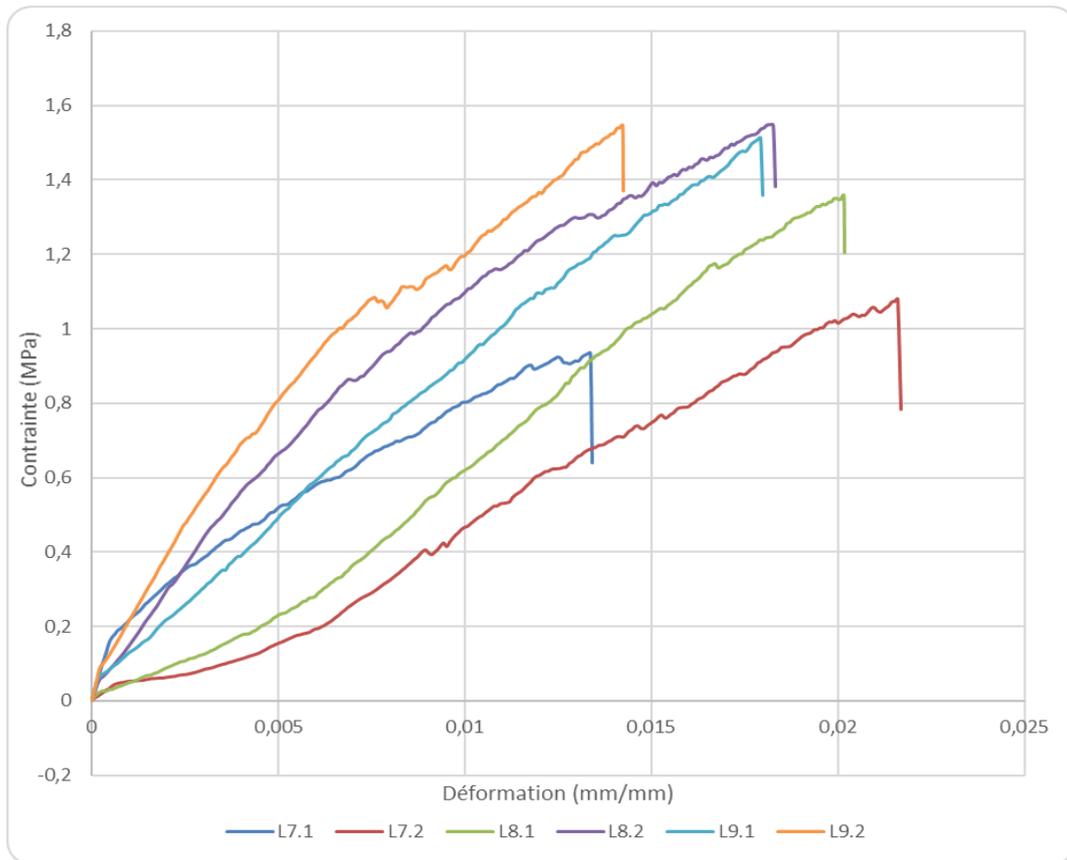


Figure III.3 Comportement mécanique en flexion sur éprouvettes traitées au (CH₃COOH)10%

Cette courbe sur la figure III.3 représente les valeurs de contrainte σ et en fonction de déformation ϵ pour L'éprouvettes à fibre unidirectionnelle longitudinales dans (CH₃COOH)10% duré 1h-2h-3h.

Dans le tableau III.5 On a noté les valeurs de la courbe et on a calcul du module de flexion E, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte- déformation. Nous les mettons dans le tableau suivant :

nom de l' éprouvette	σ max [MPa]	ϵ max [mm/mm]	E [MPa]
L7.1	0,9348	0,01336	59,21
L7.2	1,08096	0,02169	58,4
L8.1	1,3577	0,02017	79,39
L8.2	1,54793	0,01816	77,79
L9.1	1,51256	0,01792	83,51
L9.2	1,5478	0,01424	85,69

Tableau III.5 Caractéristiques mécaniques de flexion des échantillons traités avec 10% de CH_3COOH .

III.4.4.Essai de flexion sur éprouvettes à fibre unidirectionnelle transversales

La figure(figure III.4) représente contrainte-déformation pour les éprouvettes contenant 1% de fibres (fibre unidirectionnelle transversales).

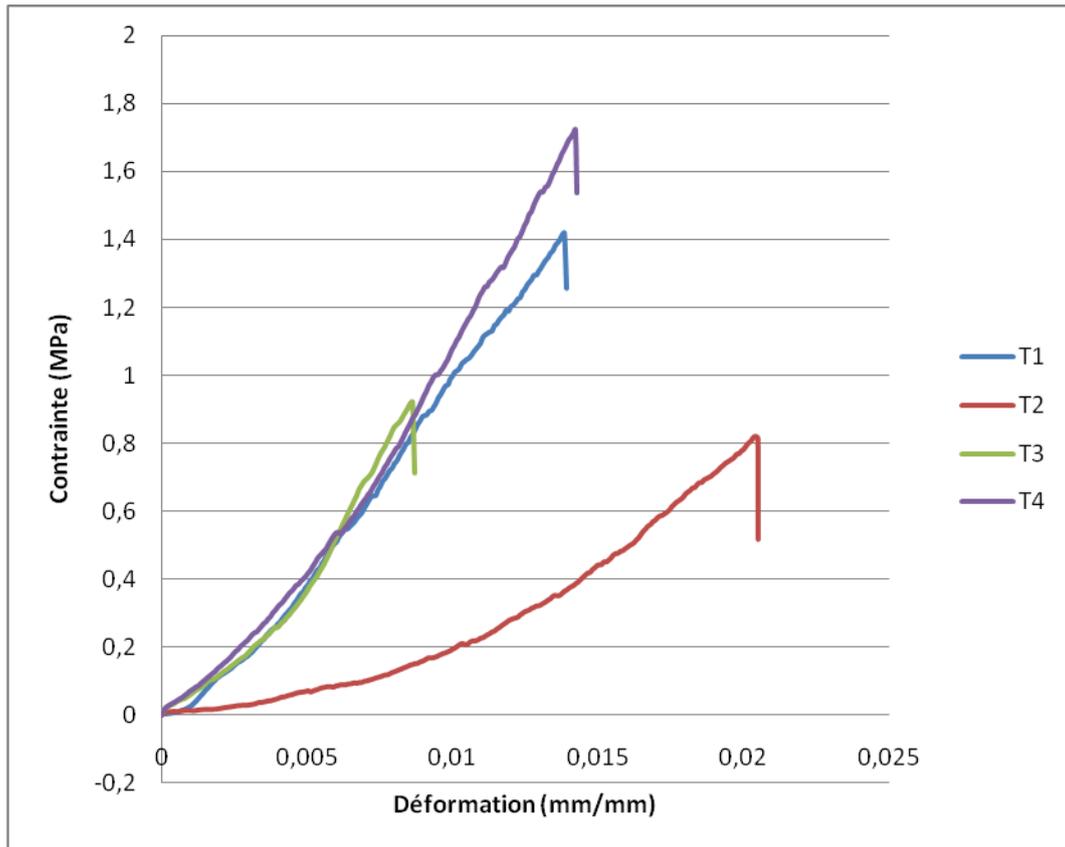


Figure III.4 Comportement mécanique en flexion sur éprouvettes à fibre unidirectionnelle transversales.

Cette courbe sur la figure III.4 représente les valeurs de contrainte σ et en fonction de déformation ϵ pour L'éprouvette à fibre unidirectionnelle transversales.

Dans le tableau III.6 On a noté les valeurs de la courbe et on a calcul du module de flexion E, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte- déformation. Nous les mettons dans le tableau suivant :

nom de l' éprouvette	σ_{max} [MPa]	ϵ_{max} [mm/mm]	E [MPa]
T1	1,4188	0,01472	111,8
T2	0,82014	0,0204	67,67
T3	0,92234	0,00864	117,5
T4	1,72423	0,01424	101,0

Tableau III.6 Caractéristiques mécaniques de flexion des échantillons de à fibre unidirectionnelle transversales.

III.4.5.Essai de flexion sur éprouvettes non traité et plâtre 100%

La figure(figure III.5) représente contrainte -déformation pour les éprouvettes contenant 1,3 % de fibres non traité (fibre unidirectionnelle longitudinales) et 0% de fibres.

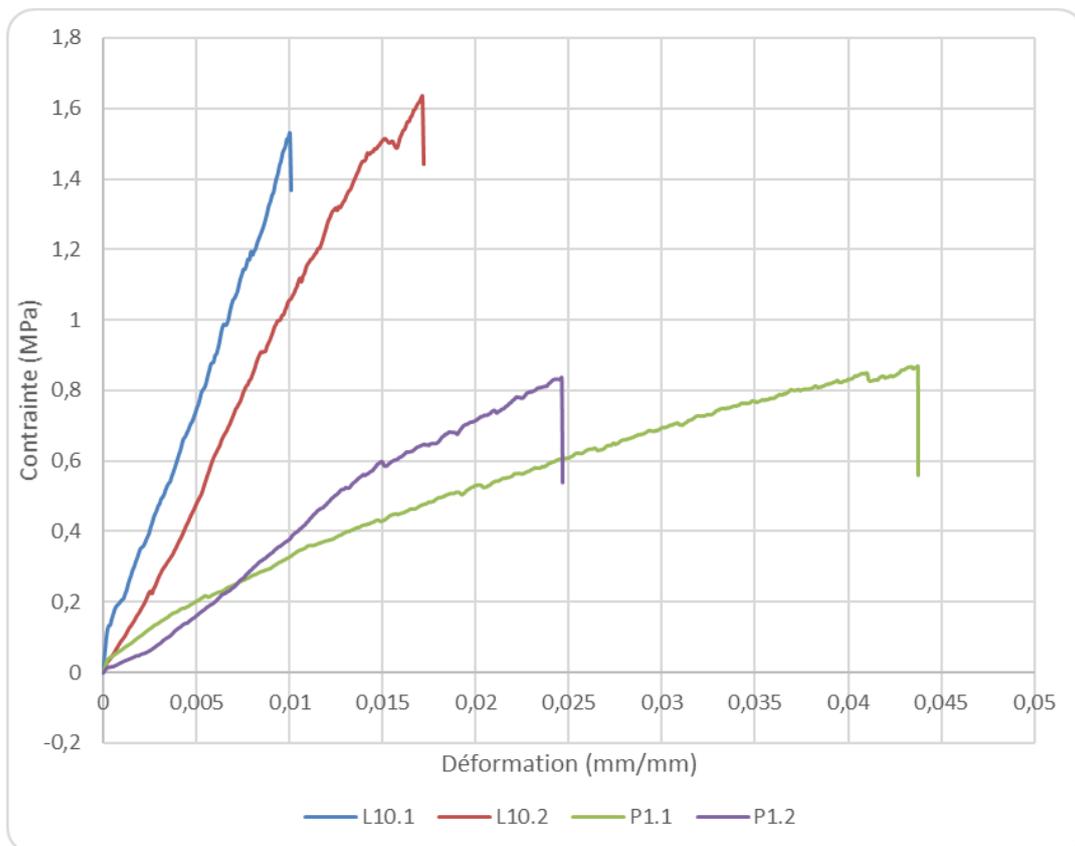


Figure III.5 Comportement mécanique en flexion sur éprouvettes non traité et plâtre 100%.

Cette courbe sur la figure III. représente les valeurs de contrainte σ et en fonction de déformation pour L'éprouvettes à fibre unidirectionnelle longitudinales et plâtre 100%.

Dans le tableau III.7 On a noté les valeurs de la courbe et on a calcul du module de flexion E, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte- déformation. Nous les mettons dans le tableau suivant :

nom de l' éprouvette	σ max [MPa]	ϵmax [mm/mm]	E [MPa]
L10.1	1,52926	0,01	137,63
L10.2	1,63395	0,01712	103,4
P1.1	0,87051	0,04376	27,49
P1.2	0,83634	0,02465	36,18

Tableau III.7 Caractéristiques mécaniques de flexion des échantillons non traité et plâtre 100%.

III.5.Essai de compression

III.5.1.Essai de compression sur éprouvettes traitées au NaOH 5%

La figure(figure III.6) représente contrainte-déformation pour les éprouvettes contenant 2 % de fibres traitées au (NaOH) 5% duré 2h-3h (fibres bidirectionnelles).

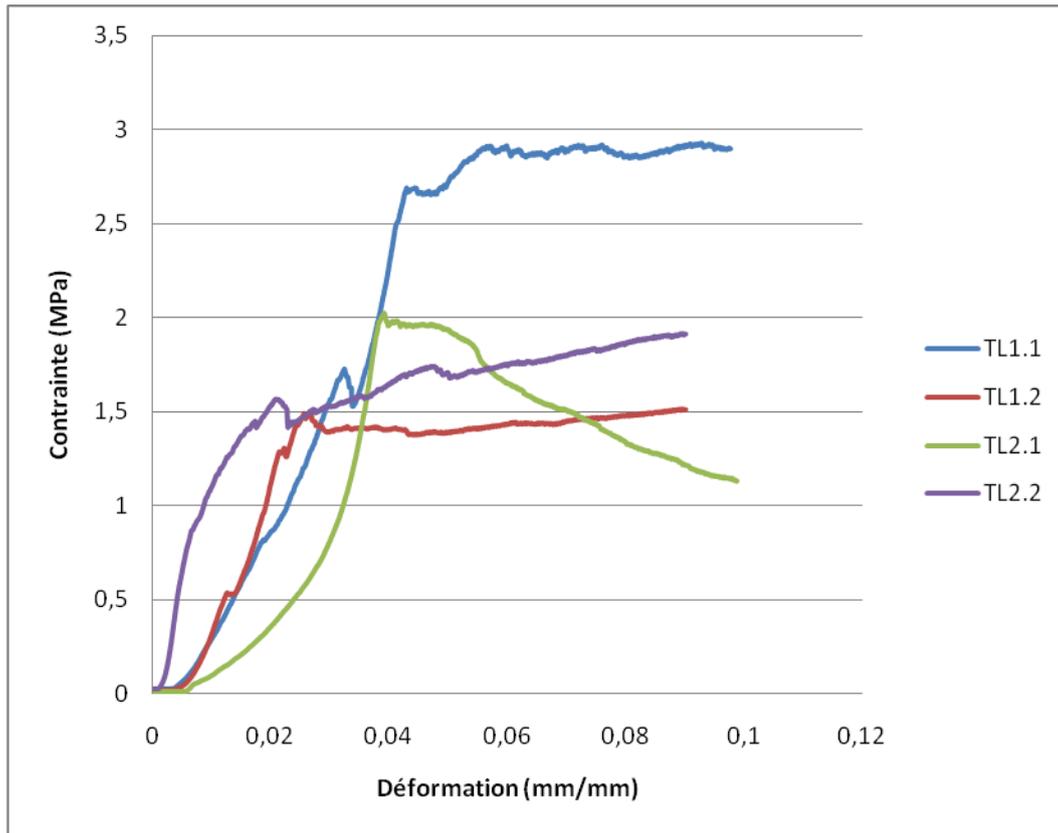


Figure III.6 Comportement mécanique en compression sur éprouvettes traitées au NaOH 5%

Cette courbe sur la figure III.6 représente les valeurs de contrainte σ et en fonction de déformation pour l'Éprouvettes à fibres bidirectionnelles (NaOH) 5% duré 2h-3h.

Dans le tableau III.8 On a noté les valeurs de la courbe et on a calcul du module de compression E, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte- déformation. Nous les mettons dans le tableau suivant :

nom de l' éprouvette	σ max [MPa]	ϵ max [mm/mm]	E [MPa]
TL1.1	2,93135008	0,10149	33,46
TL1.2	1,51504388	0,10421	44,01
TL2.1	2,02522528	0,04217	29,48
TL2.2	1,91309679	0,0993	60,92

Tableau III.8 Caractéristiques mécaniques de compression des échantillons traitées au NaOH 5%.

III.5.2.Essai de compression sur éprouvettes traitées au CH₃COOH 5%

La figure (figure III.7) représente contrainte-déformation pour les éprouvettes contenant 2% de fibres traitées au (CH₃COOH) 5% duré 2h-3h (fibres bidirectionnelles).

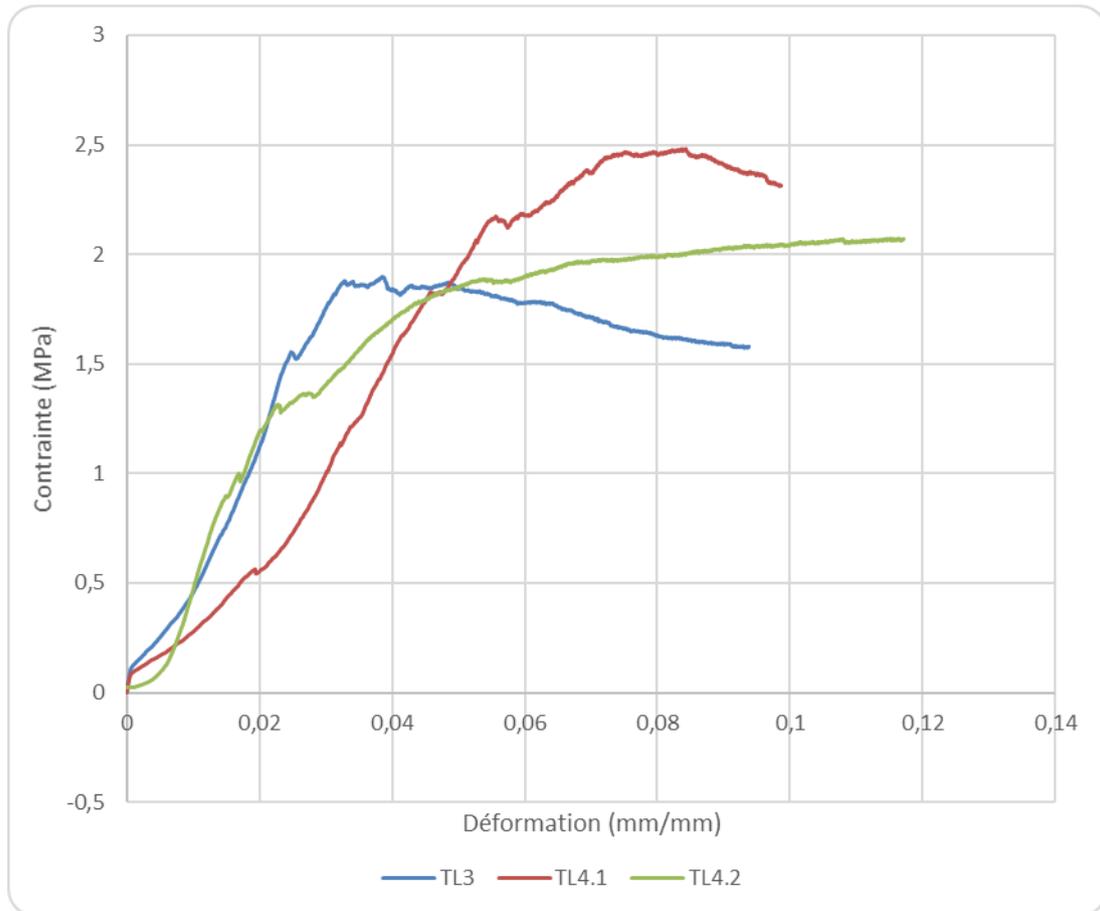


Figure III.7 Comportement mécanique en compression sur éprouvettes traitées au (CH₃COOH) 5%.

Cette courbe sur la figure III.7 représente les valeurs de contrainte σ et en fonction de déformation pour l'Éprouvettes à fibres bidirectionnelles (CH₃COOH) 5% duré 2h-3h.

Dans le tableau III.9 On a noté les valeurs de la courbe et on a calcul du module de compression E, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte- déformation. Nous les mettons dans le tableau suivant :

nom de l' éprouvette	σ max [MPa]	ϵ max [mm/mm]	E [MPa]
TL3	1,89611546	0,03736	34,59
TL4.1	2,4800411	0,08337	19,2
TL4.2	2,07232776	0,0623	19,21

Tableau III.9 Caractéristiques mécaniques de compression des échantillons traitées au (CH₃COOH) 5%.

III.5.3.Essai de compression sur éprouvettes traitées au (CH₃COOH) 10%

La figure (figure III.8) représente contrainte-déformation pour les éprouvettes contenant 2% de fibres traitées au(CH₃COOH) 10% duré 2h-3h (fibres bidirectionnelles).

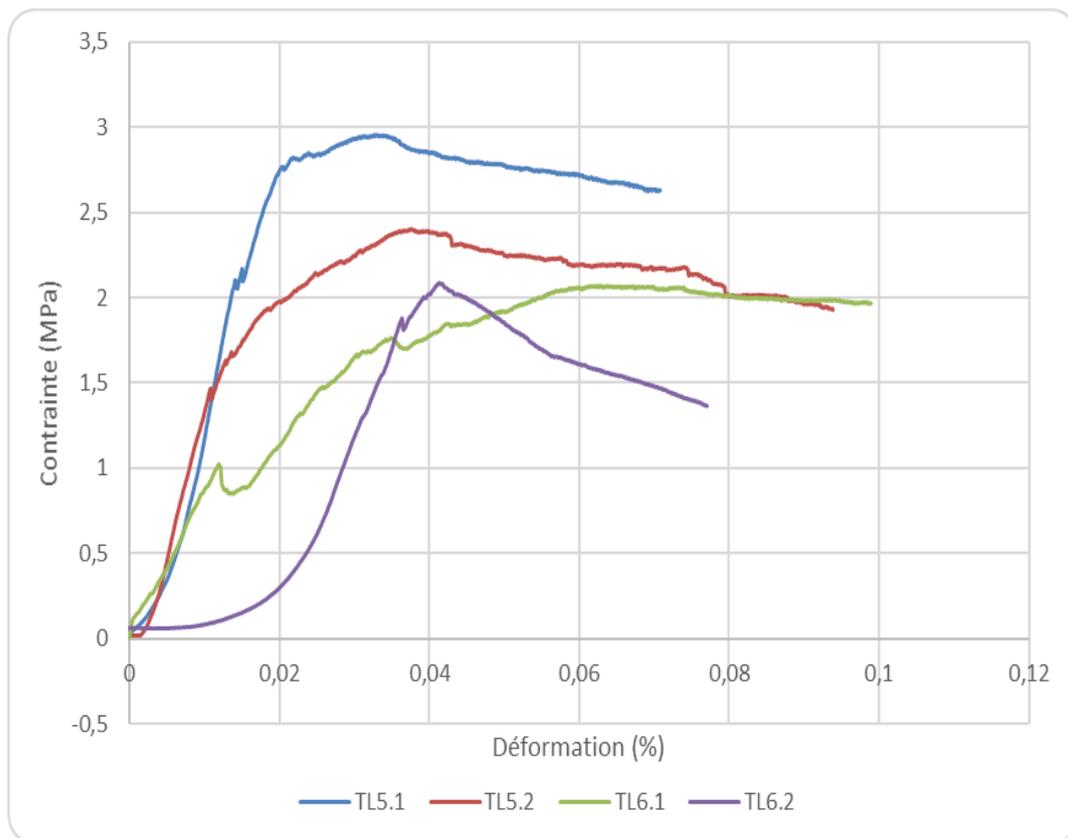


Figure III.8 Comportement mécanique en compression sur éprouvettes traitées au (CH₃COOH) 10%.

Cette courbe sur la figure III.8 représente les valeurs de contrainte σ et en fonction de déformation pour l'Éprouvettes à fibres bidirectionnelles (CH₃COOH) 10% duré 2h-3h.

Dans le tableau III.10 On a noté les valeurs de la courbe et on a calcul du module de compression E, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte- déformation. Nous les mettons dans le tableau suivant :

nom de l' éprouvette	σ max [MPa]	ϵ max [mm/mm]	E [MPa]
TL5.1	2,95408198	0,03224	20,96
TL5.2	2,40585209	0,03565	30,28
TL6.1	2,07376369	0,0619	18,67
TL6.2	2,08446229	0,04613	20,53

Tableau III.10 Caractéristiques mécaniques de compression des échantillons traitées au (CH₃COOH) 10%.

III.5.4.Essai de compression sur éprouvettes non traité

La figure (figure III.9) représente contrainte-déformation pour les éprouvettes contenant 2 % de fibres non traité (fibres bidirectionnelles).

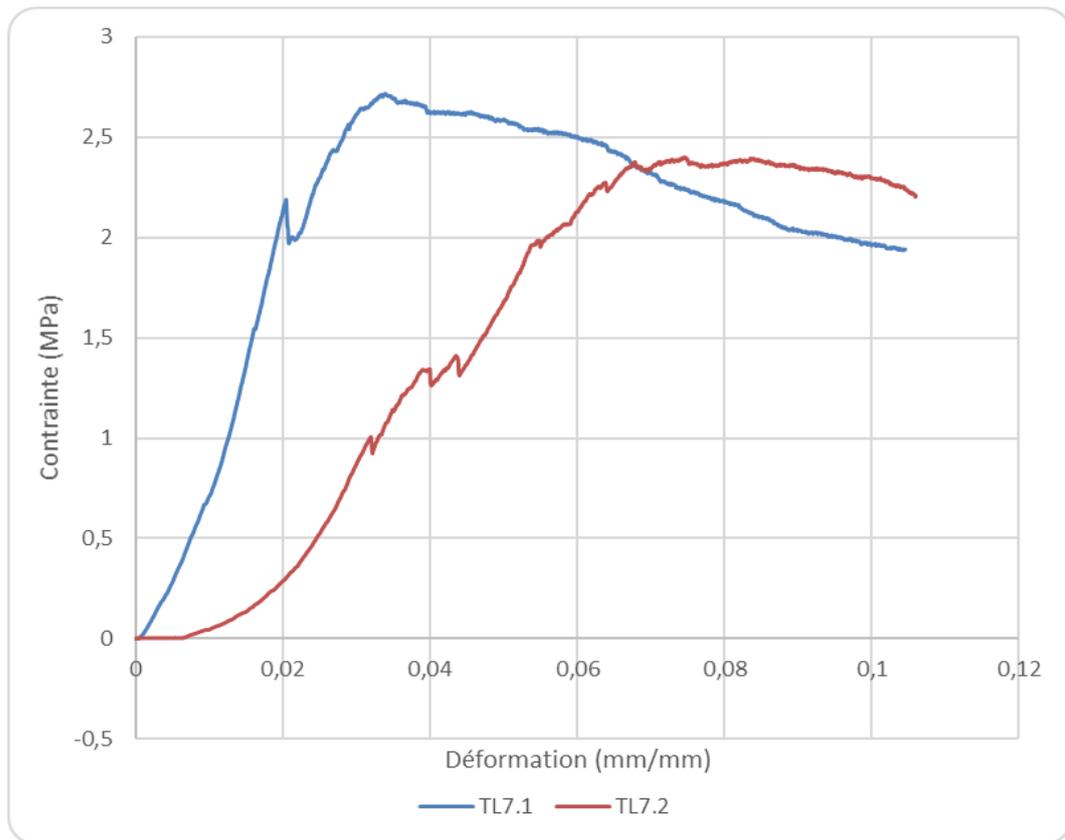


Figure III.9 Comportement mécanique en compression sur éprouvettes non traité.

Cette courbe sur la figure III.9 représente les valeurs de contrainte σ et en fonction de déformation pour l'Éprouvettes à fibres bidirectionnelles non traité.

Dans le tableau III.11 On a noté les valeurs de la courbe et on a calcul du module de compression E, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte- déformation. Nous les mettons dans le tableau suivant :

nom de l' éprouvette	σ max [MPa]	ϵ max [mm/mm]	E [MPa]
TL7.1	2,71676477	0,03734	28,91
TL7.2	2,40282933	0,07448	22,02

Tableau III.11 Caractéristiques mécaniques de compression des échantillons non traité.

III.5.5.Essai de compression sur éprouvettes semi broyées et plâtre 100%

La figure(figure III.10) représente contrainte-déformation pour les éprouvettes contenant 10 % de fibres semi broyées et 0% de fibres.

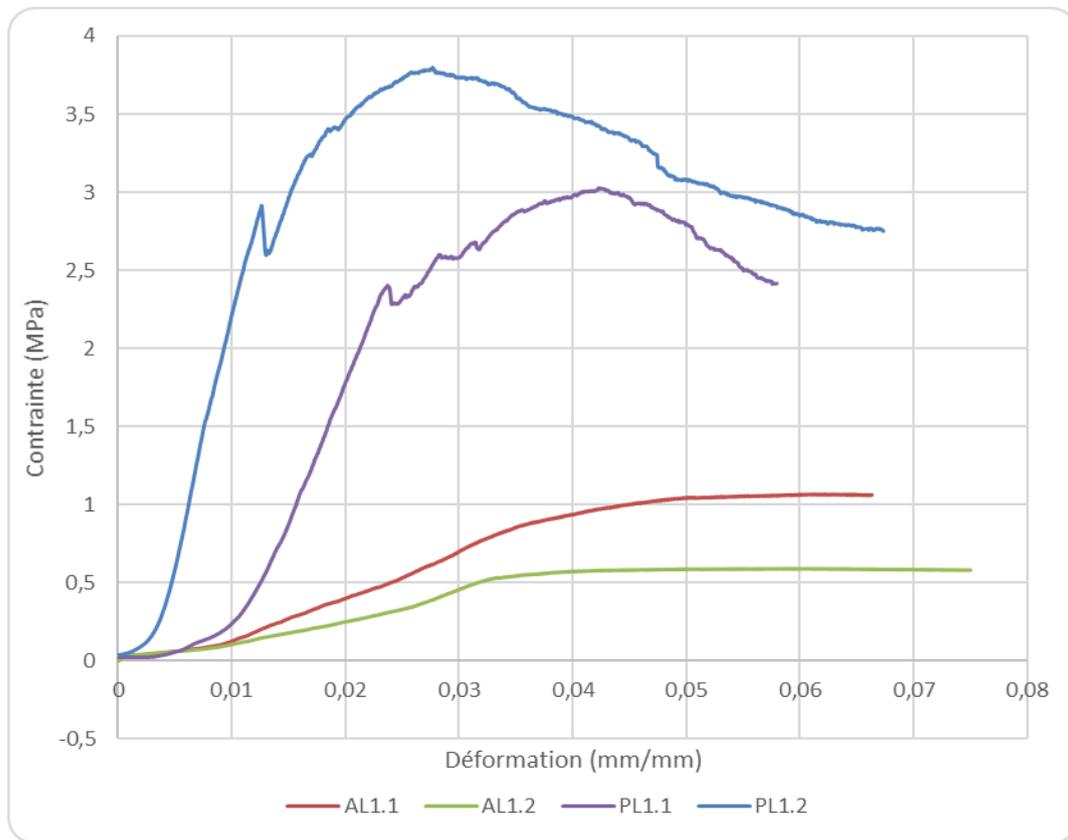


Figure III.10 Comportement mécanique en compression sur éprouvettes semi broyées et plâtre 100%.

Cette courbe sur la figure III.10 représente les valeurs de contrainte σ et en fonction de déformation pour l'Éprouvettes à fibres semi broyées et plâtre 100%.

Dans le tableau III.12 On a noté les valeurs de la courbe et on a calcul du module de compression E, en considérant la partie linéaire de la courbe contrainte- déformation. Nous les mettons dans le tableau suivant :

nom de l' éprouvette	σ max [MPa]	ϵ max [mm/mm]	E [MPa]
AL1.1	1,06821644	0,0623	7,857
AL1.2	0,5946555	0,05699	6,045
PL1.1	3,80242575	0,04261	52,16
PL1.2	3,02657925	0,05458	73,82

Tableau III.12 Caractéristiques mécaniques de compression des échantillons semi broyées et plâtre 100%.

III.6.Récapitulation des résultats obtenus

Après la finalisation de tous les résultats et courbes de comportement et des caractéristiques mécaniques du matériau composite étudié, les valeurs moyennes ont été calculées dans deux tableaux(tableau III.13 et tableau III.14) comme suit:

nom de l'échantillon	σ moy [MPa]	ϵ moy [mm/mm]	Emoy [MPa]
 fibre unidirectionnelle longitudinales	1,31934584	0,01728525	84,9784211
 fibre unidirectionnelle transversales	1,2213775	0,0145	99,4925
 plâtre 100%	0,853425	0,034205	27,135

Tableau III.13 résultats des valeurs moyennes pour les caractéristiques mécaniques de flexion.

Nous avons observé que la valeur des facteurs de contrainte et de déformation pour les échantillons renforcés en fibres dans la direction longitudinale est supérieure à la direction transversale, mais pour module de flexion ; les échantillons renforcés dans la direction transversale sont supérieure à la Direction longitudinale.

En ce qui concerne les échantillons de plâtre à 100%, nous avons enregistré un faible facteur de contrainte et de flexion et une déformation élevée par rapport aux échantillons renforcés par le fibres.

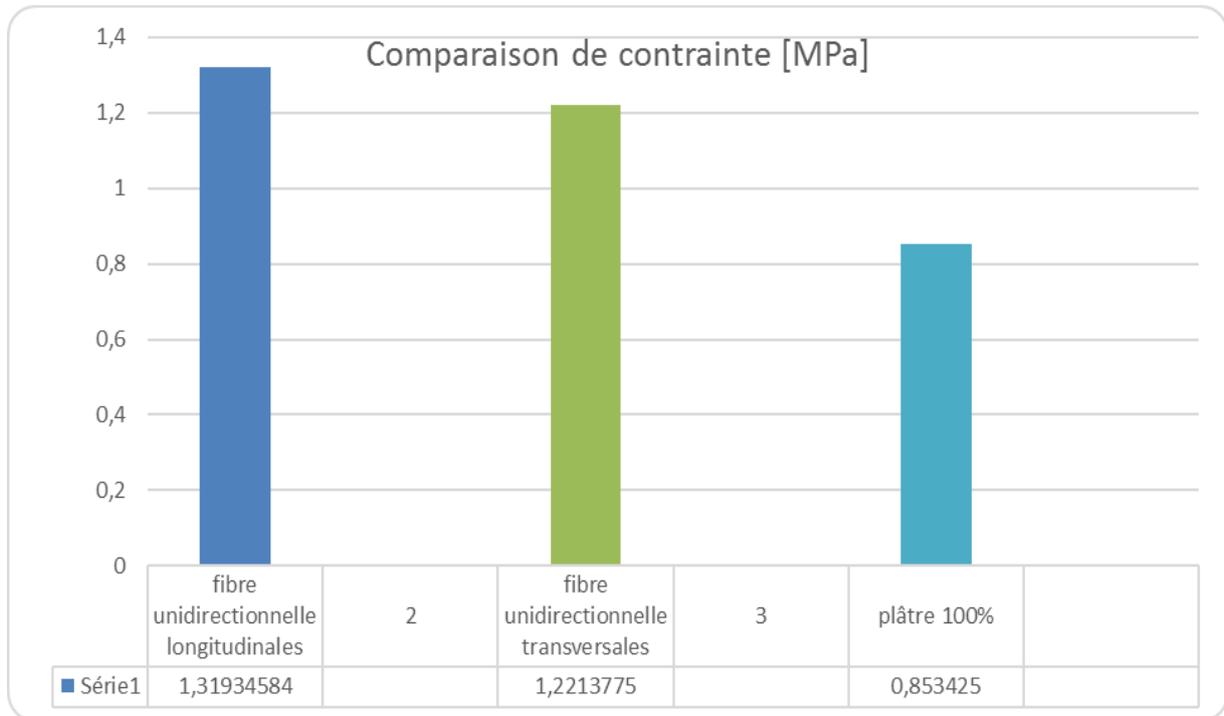


Figure III.11 Comparaison de contrainte.

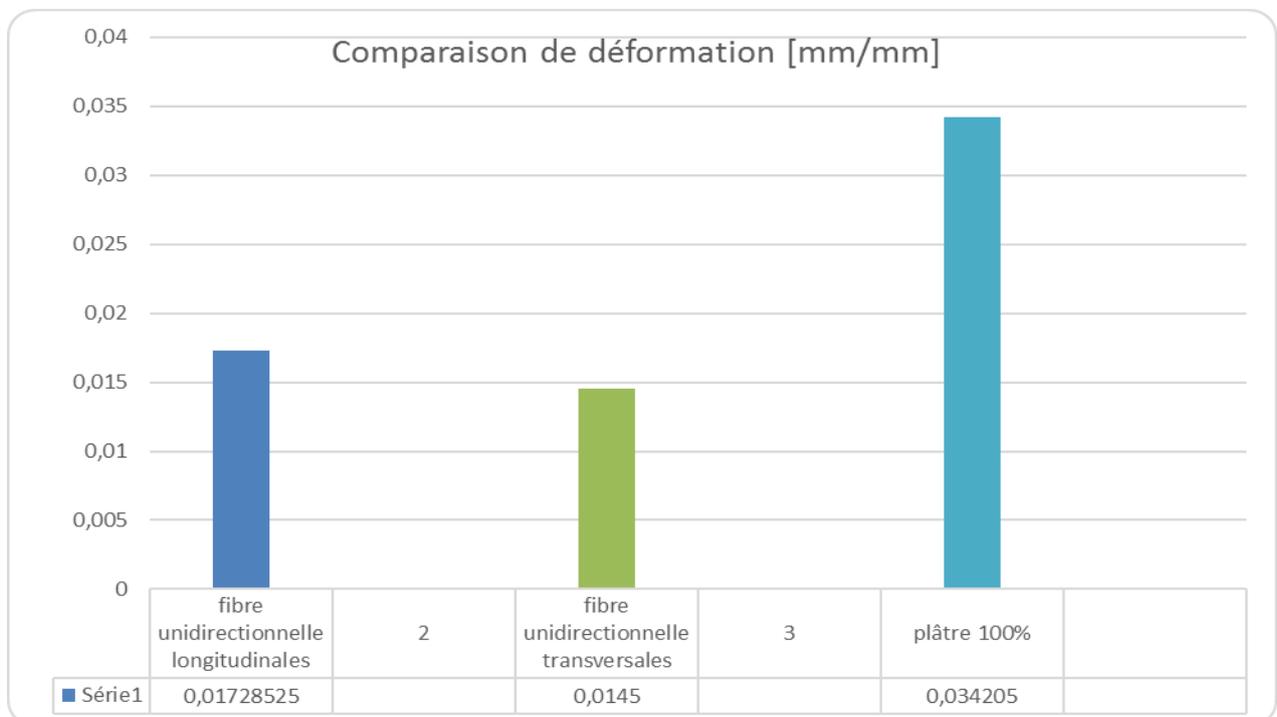


Figure III.12 Comparaison de déformation.

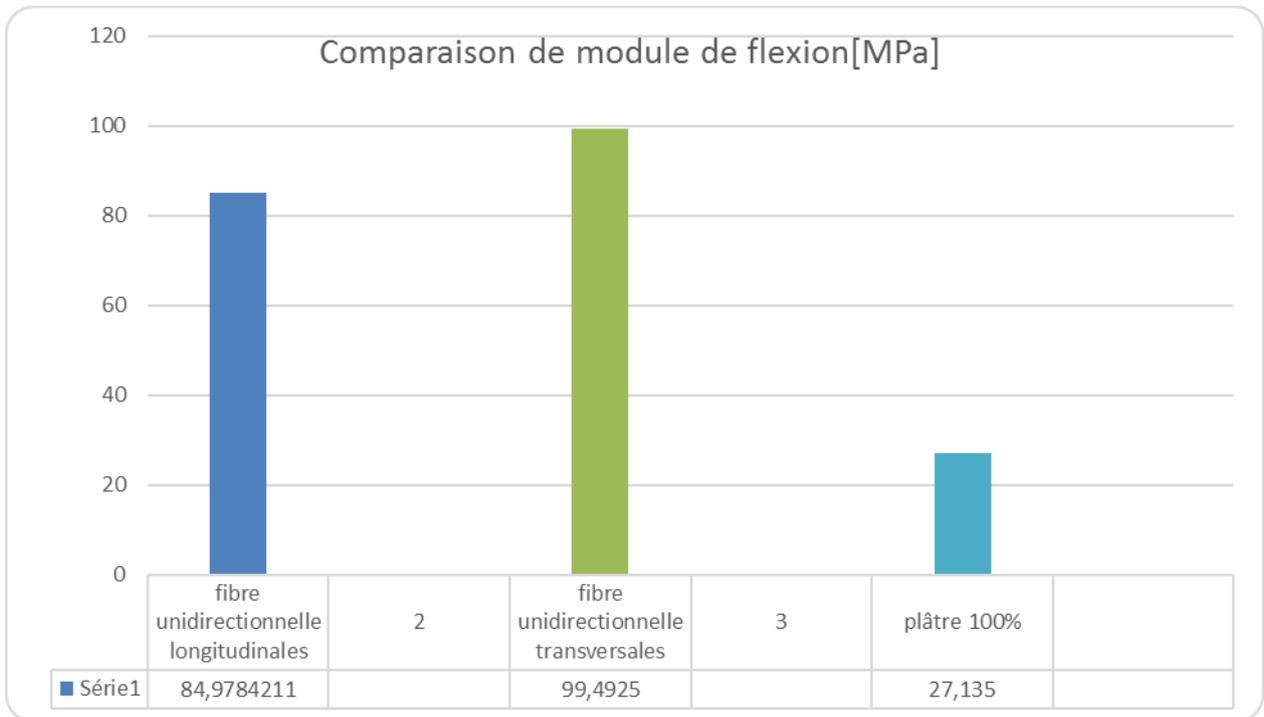


Figure III.13 Comparaison de module de flexion.

Images montrant la rupture des échantillons

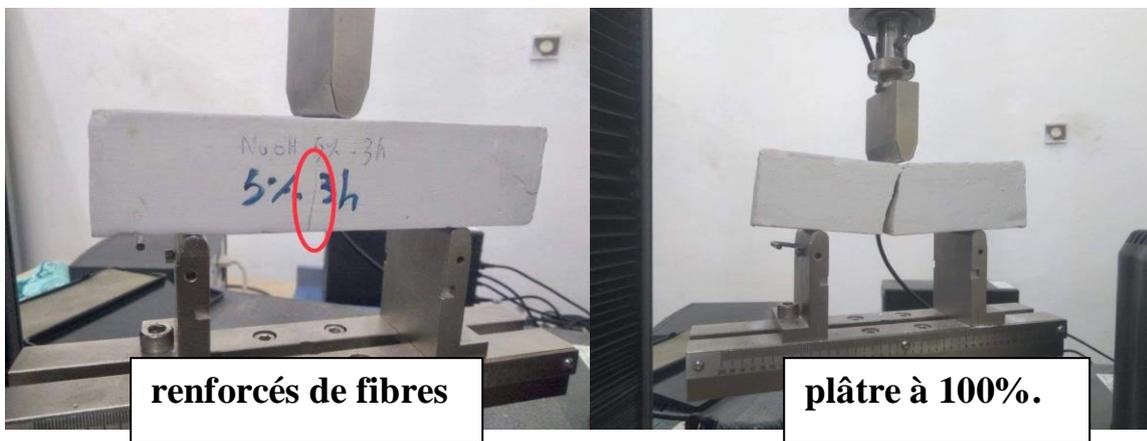


Figure III.14 la rupture des échantillons au flexion.

À partir la figure (figure III.14), nous avons observé que la taille des fissures est plutôt petite dans les échantillons renforcés de fibres, tandis que la rupture est presque totalement brutal dans les échantillons de plâtre à 100%.

En analysant les résultats du tableau pour les caractéristiques mécaniques du comportement des matériaux composites dans l’essai de compression, nous remarquons que les valeurs de contrainte et de module de compression élevées dans les échantillons de plâtre 100% par rapport aux valeurs obtenu dans les échantillons renforcés par le fibres. Nous notons également que ces valeurs varient considérablement dans les échantillons renforcés par le fibres, et nous constatons que les valeurs de contrainte et module de compression dans les échantillons renforcés par le fibres bidirectionnelles sont plus élevés que ceux obtenu dans les échantillons de fibres semi-broyées (direction aléatoire).Tandis que les rapports de déformation étaient similaires dans tous les échantillons.

nom de l'échantillon	σ moy [MPa]	ϵ moy [mm/mm]	E_{moy} [MPa]
fibres bidirectionnelles	2,29625271	0,06192313	28,5939583
fibres semi broyées	0,83143597	0,059645	6,951
plâtre 100%	3,4145025	0,048595	62,99

Tableau III.14 résultats des valeurs moyennes pour les caractéristiques mécaniques de compression.

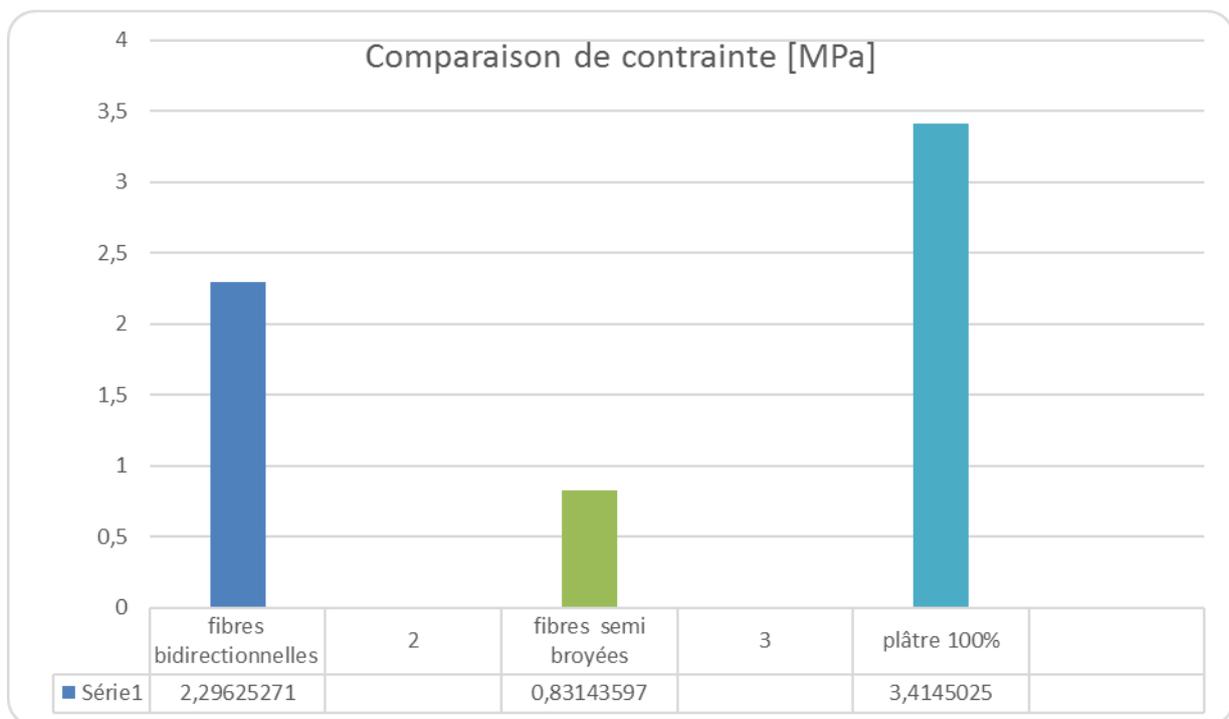


Figure III.15 Comparaison de contrainte.

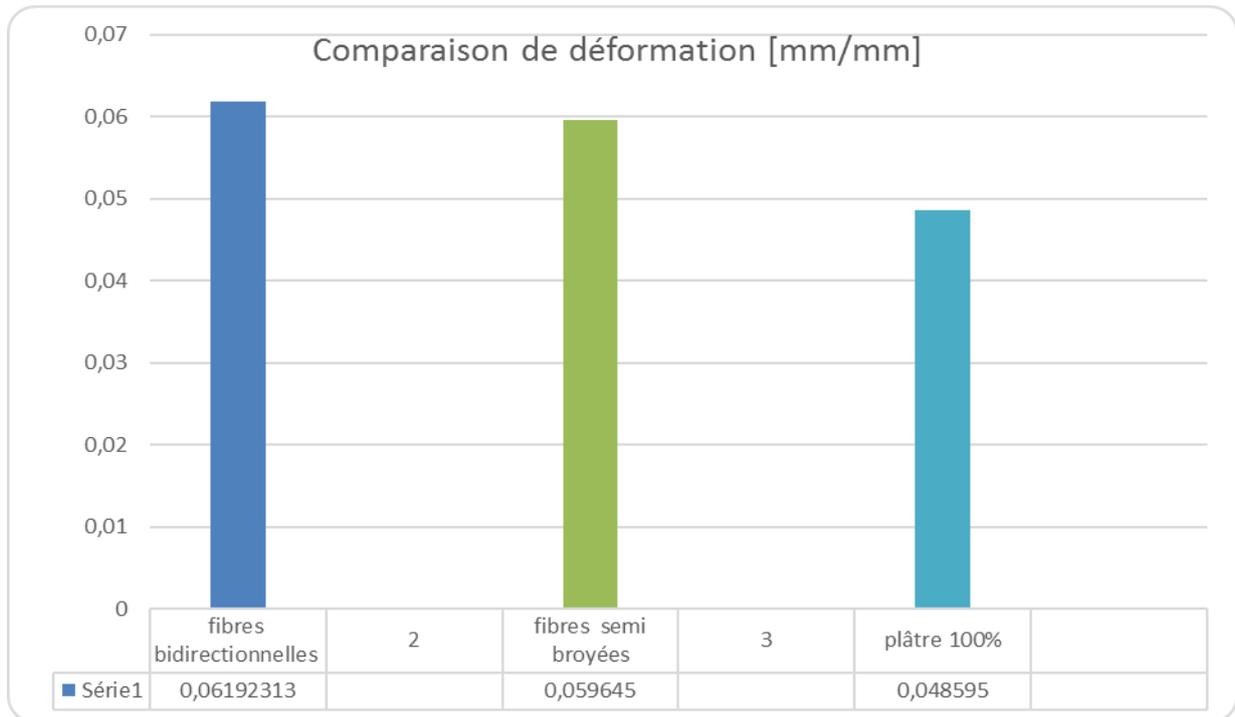


Figure III.16 Comparaison de déformation.

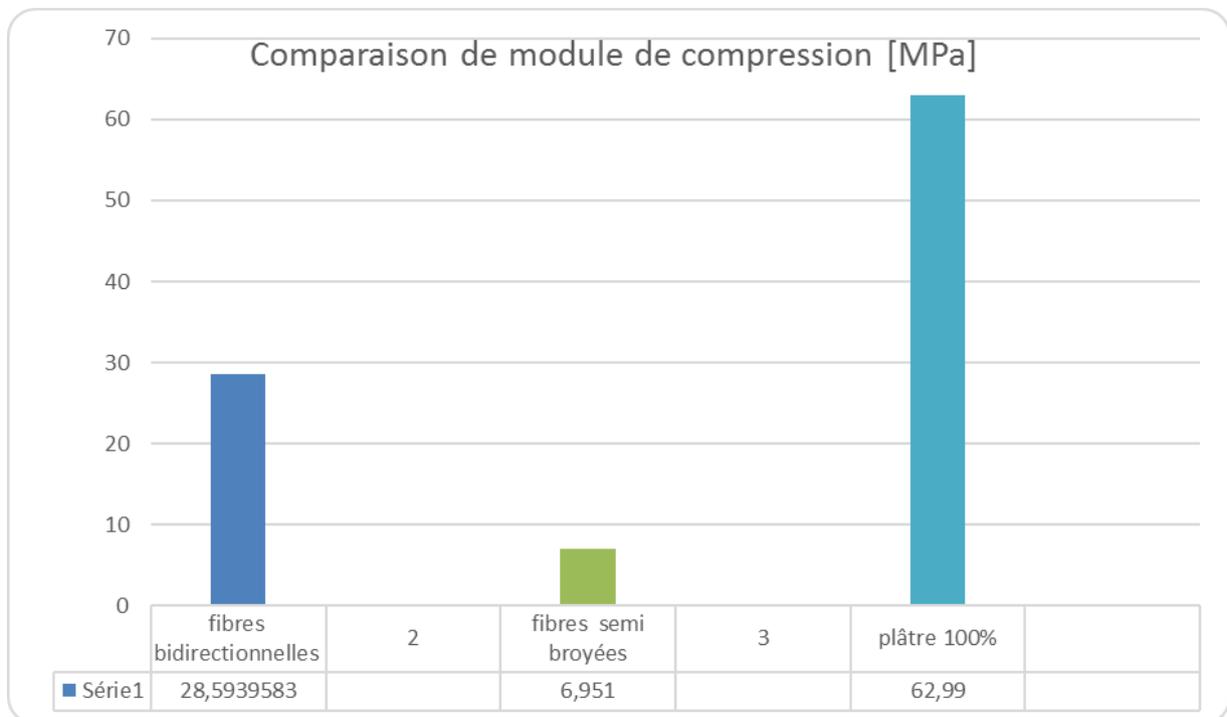


Figure III.17 Comparaison de module de compression.

Images montrant la rupture des échantillons

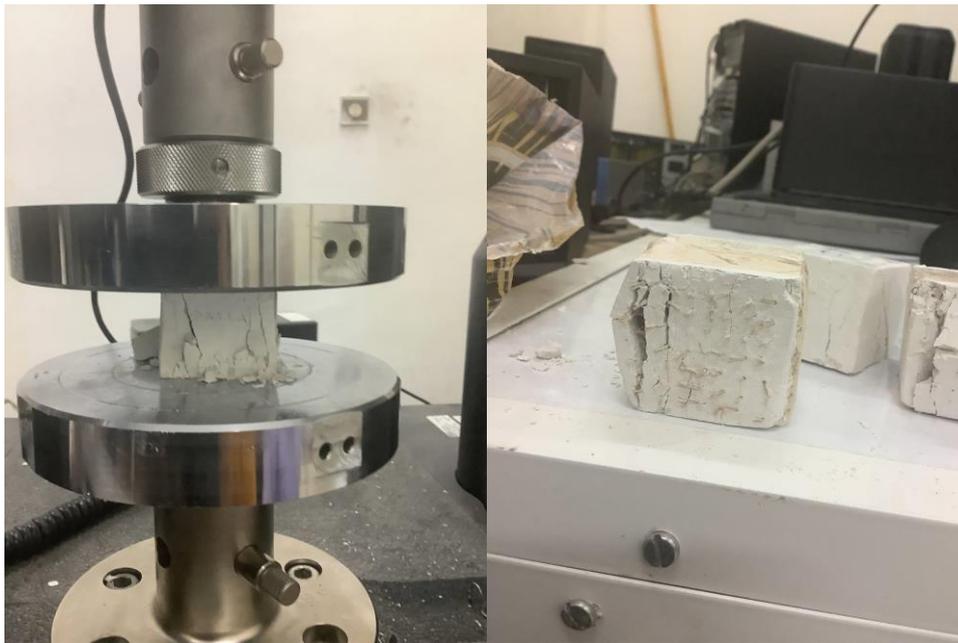


Figure III.18 la rupture des échantillons au compression.

III.7.Interprétation des résultats

La contrainte de flexion est une contrainte composite, selon l'axe vertical de l'éprouvette produit une contrainte de compression et selon l'axe parallèle de l'éprouvette produit une contrainte de traction .

Nous expliquons la raison de l'obtention de valeurs de contrainte de flexion élevées dans les échantillons renforcés par le fibres dans le sens longitudinal en augmentant la valeur de résistance à la traction dans la surface inférieure des éprouvettes car la résistance à la traction des fibres est plus forte par rapport au plâtre100%, ce qui réduit les fissures et les reptures.

Dans le cas de la compression, nous avons constaté que les résultats des valeurs moyennes de contrainte dans les échantillons de plâtre (100%) supérieure que les échantillons renforcés par le fibres (bidirectionnelles et semi broyées) et nous expliquons cela en raison de l'effet des vides résultant de la réduction de la taille des fibres, ce qui affectera les propriétés mécaniques du composé, de sorte que ces espaces agissent comme des sites pour le début des fissures et des rupture et affaiblissent la résistance à la compression .

III.8.Conclusion

Après avoir terminé les étapes des tests mécaniques et des résultats du traitement, nous avons identifié les caractéristiques mécaniques de chaque échantillon et étudié ces résultats sur la base du principe de comparaison de l'étude, et sur la base des résultats, nous disons que nous avons des résultats positifs dans l'essai de flexion mais les résultats de l'essai de compression sont négatifs.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au cours de cette recherche, nous avons étudié l'effet de la variation de la concentration en fibres, du traitement alcalin des fibres des bras de grappe des palmiers dattiers dans deux solutions la soude et l'acide acétique sur le comportement mécanique de la matière composite, et proposé une nouvelle biomatériau constituée d'une matrice de gypse renforcée de fibres extraite des armes de palmier dattier, et discuté de ce travail pour mentionner des informations bibliographiques, théoriques et pratiques sur les matériaux composites et les domaines d'utilisation.

À l'aide de la machine de traction, nous avons soumis les échantillons complétés à des essais de compression et de flexion trois points, et obtenu des courbes et des résultats à partir desquels nous avons identifié les propriétés mécaniques de la substance étudiée (module de Young, module de compression, module de flexion) et une étude comparative, grâce à laquelle nous avons conclu que le processus de renforcement de la substance étudiée n'est valable que dans la contrainte de flexion et que son rendement est faible dans la contrainte de compression.

Pour ceux qui acceptent un tel travail, ou qui mènent une étude qui simule notre étude dans cette recherche, nous leur fournissons à notre tour des recommandations et des conseils à partir de points:

- 1- Dirigez la fibre a forme inclinée à un angle de 45 degrés.
- 2- Simulez les résultats par logiciel Ansys pour garantir des résultats plus précis.

Bibliographes

Bibliographes :

[1] Bourahli, M. E. H. (2018). Caractérisation d'un composite verre époxy.

[2]مداح اسية. بوعزيز أمينة. (2019). الدراسة المورفولوجية لنبات الليف وتحضير مواد مركبة ذات الأساس من البولي أستر غير مشبع. (Doctoral dissertation, Université Mohamed BOUDIAF de M'Sila).

[3]http://www.isetgf.rnu.tn/ENS/uploads/abdelmomen_hidouri/Cours_de_Caracterisation_des_materiaux.pdf

[4] Dr.Toufik BOUBEKEUR,MATERIAUX DE CONSTRUCTION 01,UNIVERSITAIRE DE TISSEMSILT

[5]<https://www.univ-chlef.dz/FGCA/wp-content/uploads/2020/11/Mat%C3%A9riaux-de-Construction-L2-GC-BOUBEKEUR-Toufik.pdf>

[6] https://fr.wikipedia.org/wiki/Mat%C3%A9riau_composite. 12/04/2022 - 9:37

[7] M.Geier ,D.Duedal «Guide pratique des matériaux composites», TEC & DOC (Lavoisier), Paris, 1985, 349P.

[8] DanielGAY, « Matériauxcomposite »,6 émeédition.

[9] Gornet, L., Généralités sur les matériaux composites. 2008, France.

[10] Sahraoui Abd errahmane,Modélisation du comportement viscoélastique des matériaux composites,M2

[11] BOUSSEHEL, H. (2018). ETUDE DES MOYENS DE STABILISATION DES COMPOSITES A BASE DE POLYSTYRENE (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).

[12] A. BOUDENNE, "Etude expérimentale et théorique des propriétés thermo physiques d'matériaux composites à matrice polymère," Université PARIS XII, 2003.

[13] BOURAS Youcef & KORICHI Farid,Développement d'un matériau composite à base de fibres d'Alfa,Mohamed Boudiaf Université M'sila .

Bibliographes

- [14] <https://www.polymeres-composites.com/materiaux-composites/les-additifs-charges/les-charges.html> -12/04/2022-12:01.
- [15] Dr. Taqiyeddine MOUMENE, Les composites, Université Ibn Khaldoun- Tiaret.
- [16] Anh Vu NGUYEN, Matériaux composites à renfort végétal pour l'amélioration des performances de systèmes robotiques, 2015, UNIVERSITÉ BLAISE PASCAL – CLERMONT II.
- [17] Berthelot, J.-M., Mécanique des Matériaux et Structures Composites Novembre 2010.
- [18] https://www.academia.edu/39259923/Chap._4_Comportement_des_mat -13/04/2022-12:20.
- [19] <https://cours.etsmtl.ca/seg/GCLEcuyer/TCH006/Labos/LaboratoireCompositeA2012.doc> 19/05/2022 - 12:45.
- [20] http://staff.univ-batna2.dz/sites/default/files/derardja_akila/files/cours_composites.pdf-19/05/2022-13:13.
- [21] https://help.solidworks.com/2011/french/solidworks/cworks/legacyhelp/simulation/Materials/Isotropic_and_Orthotropic_Materials.htm.
- [22] Berthelot, J.-M., Mécanique des Matériaux et Structures Composites Novembre 2010 .
- [23] Abdouche F., March 2010. Communication from the Botanic Unit Development at the ministry of agriculture and rural development, Algerian Press Service, Alger.
- [24] https://www.researchgate.net/figure/Machine-dessai-INSTRON-5969-31-Machine-dessai-Les-essais-de-flexion-en-fluage-sont_fig3_339800541