



*République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de L'Enseignement supérieur et de La Recherche
scientifique*



***Université Kasdi Merbah Ouargla
Faculté Des Sciences Appliquées
Département De Génie Mécanique***

Mémoire de Fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electromécanique

Spécialité : Maintenance industrielle

Présenté Par :

LEBSSISSE Seyf Eddine

&

ZEMMOURI Rachad

THÈME

**Viabilité d'utilisation des noyaux d'olive comme
agrégat dans les mortiers de construction**

Soutenue publiquement le 00/06/2023

Devant le jury :

BOUKHATEM Mourad

BATOUCHE Mouna

BOUHEMAME Nasser

MCA Université KM Ouargla

MAA Université KM Ouargla

MCB Université KM Ouargla

Président

Examineur

Promoteur

ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2022/2023

DEDICACES

Je suis très heureux aujourd'hui, d'avoir l'opportunité de dédier ce mémorable travail : À la fontaine de tendres qui a planté en moi l'ambition et la persévérance ... Mon cher père À la fontaine de tendresse ... chère maman A ceux qui gardent dans leurs yeux les souvenirs de mon enfance et de ma jeunesse ... mes frères Aux habitants de mon cœur ... mes amis



REMRECIEMENTS

En premier lieu nous tenons à remercier le bon dieu tout-puissant miséricordieux de la bonne santé, de la volenté et de la patience qu'il nous a accordé tout au long de notre étude.

Tout d'abord je à exprimer mes remerciements et mon profond remerciement et ma profonde reconnaissance envers
mon encadreur

Dr. BOUHEMAME Nasser

Maitre de conférences à l'université d'Ouargla

J'ai eu le grand plaisir de travailler sous votre direction.

Je remercie les membres des jurys, et tous mes enseignants du département du génie Mécanique.

Mes derniers remerciements vont à mes parents

Pour avoir toujours poussé dans mes études : de m'avoir transmis les bonnes valeurs.

Résumé

Pour des raisons écologique et économique et aussi à cause des avantages que présentent les fibres végétales notamment leur biodégradabilité, disponibilité, faible coût et non abrasives elles sont considérées comme source d'énergie renouvelable. La valorisation des déchets naturels et notamment agricoles dans des nouvelles applications comme la construction en génie civil. Le but de ce travail est d'exploiter les ressources naturelles telles que les noyaux d'olives en les utilisant pour élaborer un bio-mortier de construction, pour réduire l'impact environnemental et améliorer le comportement mécanique du mortier en flexion et en compression. Des augmentations remarquables de la contrainte en flexion et en compression ont été obtenues par rapport aux mortiers non renforcés.

Mots Clés : Fibres végétales, Poudre de noyaux d'olives, Bio-mortiers, Essais mécaniques.

Abstract

For ecological and economic reasons and because of the advantages of plant fibers, in particular their biodegradability, availability, low cost and non-abrasive, they are considered as a source of renewable energy. The recovery of natural and particularly agricultural waste in new applications such as construction in civil engineering. The aim of this work is to exploit natural resources such as olive pits by using them to develop a construction bio-mortar, to reduce the environmental impact and improve the mechanical behavior of the mortar in bending and compression. Remarkable increases in flexural and compressive stress were obtained compared to unreinforced mortars.

Keywords: Plant fibers, Olive stone powder, Bio-mortars, Mechanical tests.

ملخص

لأسباب بيئية واقتصادية وأيضًا بسبب مزايا الألياف النباتية، ولا سيما قابليتها للتحلل البيولوجي وتوافرها وتكلفتها المنخفضة وغير مكلفة فهي تعتبر مصدرًا للطاقة المتجددة. استعادة النفايات الطبيعية والزراعية بشكل خاص في التطبيقات الجديدة مثل البناء في الهندسة المدنية. الهدف من هذا العمل هو استغلال الموارد الطبيعية مثل حفر الزيتون من خلال استخدامها لتطوير ملاط حيوي للبناء، لتقليل الأثر البيئي وتحسين السلوك الميكانيكي للملاط في الانحناء والضغط. تم الحصول على زيادات ملحوظة في إجهاد الانحناء والضغط مقارنة بالملاط غير المدعمة.

الكلمات المفتاحية: ألياف نباتية، مسحوق زيتون، ملاط حيوي، اختبارات ميكانيكية.

Sommaire

Résumé

Abstract

ملخص

Introduction générale

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les fibres végétales

I.1. Introduction.....	3
I.2. Définition de la fibre végétale	3
I.2.1. Classification des fibres végétales.....	3
I.2.2. Caractéristiques Chimiques des Fibres Végétales.....	4
I.2.2.1 La Cellulose	5
I.2.2.2 Hémicellulose	5
I.2.2.3 Lignine.....	5
I.2.3. Caractéristiques Physiques et Mécaniques des Fibres Végétales.....	5
I.2.4. Structure de la fibre végétale.....	6
I.2.5. Les différents renforcements à base des fibres végétales.....	7
I.2.5.1. Le chanvre	7
I.2.5.2. Le lin.....	8
I.2.5.3. L'abaca.....	8
I.2.5.4. Le Cotton	8
I.2.5.5. Le Kenaf	9
I.2.5.6. Le Jute	9
I.2.5.7. Le Sisal	10
I.2.5.8. Le Ramie.....	10
I.2.5.9. Le Coco.....	10
I.2.5.10. Palmier dattier.....	11
I.2.5.11. Alfa.....	11
I.2.6. Propriétés et avantages des fibres végétales.....	12
I.3 Présentation de l'olivier.....	13
I.3.1. Répartition géographique	14
I.3.1.1. Dans le Monde.....	14
I.3.1.2. En Algérie	15
I.3.2. Description botanique de l'olivier.....	16
I.3.2.1 Les feuilles.....	16
I.3.2.2. Les fleurs	17

I.3.2.3. Fruit	17
I.3.3. Caractéristiques physiques	18
I.3.4 Caractéristiques chimiques.....	18
I.3.4.1. La cellulose brute.....	19
I.3.4.2. Les lignines.....	20
I.3.4.3. Les matières azotées totales.....	20
I.3.4.4. Les lipides.....	20
I.3.4.5. Matières minérales (cendres).....	20
1.4 Noyau d'olive	21
1.4.1. Caractéristiques des noyaux d'olive	21
I.5 Conclusion	21

Chapitre II : Matériel et techniques expérimentales

II.1 Introduction	23
II.2. Matériau utilisé.....	23
II.2.1 Noyau d'olive.....	23
II.2.1.1 Prélèvement les noyaux d'olive	24
II.2.1.2 Dénoyautage.....	24
II.2.1.3 Broyage	24
II.2.2 Sable.....	25
II.2.3 Ciment.....	25
II.2.4 Eau	26
II.3 Méthodes expérimentales	26
II.3.1 Test d'analyse granulométrique	26
II.3.2 Masse volumique	27
II.3.3. Technique de moulage	28
II.3.3.1. Préparation des moules utilisées	28
II.3.3.2 Préparation du mortier.....	29
II.3.3.3 Préparation des échantillons utilisés dans l'étude	29
II.3.3.4 Table de secousse	31
II.3.4 Essai de compression et de flexion trois points	32
II.4 Conclusion.....	33

Chapitre III: Résultats et discussion

III.1 Introduction.....	35
III.2 Masse volumique.....	35
III.3 Analyse granulométrique	36

III.4 Caractérisation mécanique des bio-mortiers renforcés par une poudre de déchet agricole	38
III.4.1 Caractérisation des bio-mortiers en flexion 3-points	38
III.5 Conclusion.....	43
Références.....	44

Liste des Figures

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les fibres végétales

Figure I. 1 : Classification des fibres végétales selon l'origine.....	4
Figure I. 2 : Les différents constituants d'une fibre végétale;.....	5
Figure I. 3 : Structuredelafibrevégétale.....	7
Figure I. 4 : La plante de chanvre et les fibres de chanvre.....	7
Figure I. 5: Laplantedulinetlesfibresdelin.....	8
Figure I. 6: Fibre de l'Abaca.....	8
Figure I. 7: Les fibres naturelles de coton.....	9
Figure I. 8 : La plante de Kenaf avec ses fibres.....	9
Figure I. 9 : La plante de ramie et les fibres naturelles de la ramie.....	9
Figure I. 10 : fibre naturelle du sisal.....	10
Figure I. 11 : Plante de Ramie et les fibres naturelles de la Ramie.....	10
Figure I. 12 : Fibre naturelles de la plante du coco.....	11
Figure I. 13 : Palmier et les fibres de palmier dattier.....	11
Figure I. 14 : La plante et les fibres l'Alfa.....	12
Figure I. 15 : Arbre d'olivier.....	14
Figure I. 16 : Zones de répartition géographique de la culture de l'olivier dans le bassin Méditerranéen.	15
Figure I 17 : Carte oléicole d'Algérie.....	17
Figure I. 18 : schéma feuille d'olivier.....	16
Figure I. 19 : Pièce florale.....	17
Figure I.20 : fruit d'olivier.....	17
Figure I. 21: Coupe schématique de fruit de l'olivier.....	18
Figure I. 22: Structure de la cellulose.....	20

Chapitre II : Matériel et techniques expérimentales

Figure II 1: a) Olivier, b) Olives et c) Noyaux.....	23
Figure II 2: Nettoyage et Séchage des noyaux.....	24
Figure II 3: Mouture du noyau d'olive : a) broyeur de type BOMANN, b) réception de l'appareil et c) poudre de noyau.....	24
Figure II 4 : Sable naturel.....	25
Figure II 5 : Test et les tamis l'analyse granulométrique.....	27

Figure II 6: Test de la masse volumique a) ciment, b) sable, c) poudre de noyau d'olive, d) balance électronique et d) pycnomètre	28
Figure II 7 : Moules métalliques prismatique lisses	28
Figure II 8 : La préparation des échantillons : a) Mélange, b) Malaxage du mortier, c) Remplissage de l'éprouvette prismatique, d) Compactage d'éprouvette et e) Mortier final.....	30
Figure II 9 : Échantillonnage normalisé de mortier renforcé de la poudre de noyau d'olive pour essai de flexion et compression.....	31
Figure II 10: Table de secousse de type UTEST	31
Figure II 11 : Presse hydraulique universelle : a) Epreuve de bio-mortier en flexion, b) Epreuve de bio-mortier en compression.....	32
Figure II 12:Test d'analyse granulométrique avec différentes dimensions des grains de noyau d'olive	37

Chapitre III: Résultats et discussion

Figure III 1:Test d'analyse granulométrique avec différentes dimensions des grains de noyau d'olive.....	37
Figure III 2 : Courbes d'analyse granulométrique su sable.	37
Figure III 3: Courbes d'analyse granulométrique de la poudre de noyau d'olive.	38
Figure III 4: Comparaison des contraintes mécaniques en flexion 3-points pour un mortier de référence et bio-mortiers avec une dimension de grain de 80 μm et différentes teneurs d'ajout.....	40
Figure III 5 : Comparaison en flexion 3-points entre un mortier de référence et bio-mortiers T1 et T2 avec une dimension de grain respectivement égale 80 et 160 μm	40
Figure III 6 : Courbes contrainte/déformation des bio-mortiers utilisés une dimension de grain de 160 μm en flexion.	41
Figure III 7: Essai de compression des bio-mortiers à différentes teneurs d'ajout avec dimension du grain 80 μm	42
Figure III 8: Comparaison entre deux bio-mortiers utilisés de dimension de grain différent par rapport au mortier de référence en compression.	42
Figure III 9:Tests de compression des bio-mortiers à différentes teneurs d'ajout avec dimension du grain 160 μm	43

Liste des tableaux

Chapitre I : Synthèse bibliographique sur les fibres végétales

Tableau I 1: Classification des fibres végétales selon l'origine [4]	4
Tableau I 2 : Les caractéristiques mécaniques de quelques fibres Végétales [6].....	6
Tableau I 3: Avantages Inconvénients des fibres végétales. [14].....	13
Tableau I 4:Compositions chimiques des différents types de grignons[25]	19

Chapitre II : Matériel et techniques expérimentales

Tableau II 1:Taux de chaque composante.....	29
---	----

Chapitre III : Résultats et discussion

Tableau III 1:Les résultats expérimentaux des masses volumiques des matériaux utilisés.....	35
Tableau III 2:Résultats de l'analyse granulométrique du sable.....	36
Tableau III 3:Résultats de l'analyse granulométrique de poudre du noyau d'olive.....	36
Tableau III 4:récapitule les résultats expérimentaux des essais de flexion et de compression.....	39

Introduction générale

En raison de l'augmentation des problèmes de l'environnement ainsi que les réglementations internationales strictes sur les émissions de gaz à effet de serre, la recherche d'infrastructures vertes, économiques et performantes, entraînant un compromis entre la durabilité environnementale et la résistance à long terme est nécessaire. À cet effet, la valorisation des déchets agricoles et leur utilisation dans le développement des composites durables, en matière de technologie verte, pour diverses applications représente actuellement l'une des solutions la plus considérer. Cette stratégie-là plus adoptée et la plus prometteuse impose aux chercheurs dans l'industrie de la construction et de la fabrication d'intégrer les fibres végétales comme élément de renforcement pour les matériaux de construction. Ceci permet d'améliorer leur résistance, durabilité et l'isolation thermique, ainsi qu'il contribue à la valorisation des matériaux locaux et à la réduction des coûts de construction et de l'énergie consommée pour le chauffage ou la climatisation.

En effet, de nombreuses fibres naturelles en été proposées comme renforcement pour des matrices thermoplastiques, thermodurcissables et inorganiques afin de remplacer des matériaux de construction et/ou d'isolation thermique classiques par des biocomposites naturels, à savoir le lin, le jute, le sisal, le kenaf, les fibres du palmier et d'autres fibres. En raison de leur disponibilité, suivie par leur taux élevé de déchets régénérés, les olives constituent l'un des éléments agricoles les plus abondantes dans la nature, spécialement en Algérie.

Nous nous intéresserons dans ce mémoire aux noyaux issus des olives de l'arbre l'olivier. L'objectif ici est d'élaborer des bio-mortiers renforcés par cette la poudre de ces noyaux, et de à l'ide décortiquer l'identification du comportement mécanique ce type de bio mortiers en flexion et en compression.

Le présent mémoire se compose de trois chapitres organisés comme suit :

Chapitre 1 est consacrée à une étude bibliographique, qui se focalise sur l'examen des caractéristiques des fibres végétales, et plus spécifiquement sur les noyaux d'olives de l'olivier. Un état de l'art général de l'état actuel des oliviers dans le monde et en Algérie ont été abordée, soulignant leurs principales caractéristiques physiques et mécaniques, y compris leurs avantages et inconvénients.

Introduction générale

Chapitre 2 décrit de façon détaillée le matériau utilisé dans cette étude, ainsi que les différentes méthodes expérimentales de caractérisation pour l'évaluation le comportement mécaniques des bio mortiers utilisées.

Chapitre 3 expose l'analyse et l'interprétation des résultats expérimentaux obtenus lors des essais de flexion 3-points et de compression effectués sur les bio-mortiers élaborés, afin d'identifier leur comportement (contrainte/déformation) et déterminer leurs contraintes mécaniques à la rupture après 28 jours de séchage.

Pour finir, les principaux résultats sont synthétisés dans la conclusion générale.

Chapitre I

Synthèse

bibliographique sur

les fibres végétales

I.1. Introduction

L'utilisation des fibres naturelles d'origine végétales dans la construction remonte aux années où l'on fabriquait des briques renforcées par la paille ou des roseaux. Dans le temps moderne (depuis l'année 1970), le premier composite liant avec les fibres végétales était le plâtre. De ce fait, plusieurs ouvrages sont réalisés avec le plâtre renforcé de fibres végétales. Actuellement le monde connaît de récents développements dans le domaine de renforcement du ciment et béton avec des fibres végétales. Suite aux problèmes de santé posés par les fibres d'amiante, plusieurs axes de recherches sont orientés vers la substitution de celles-ci par les fibres végétales.

I.2. Définition de la fibre végétale

Les fibres végétales sont des structures biologiques fibrillaires composées de cellulose, hémicelluloses et de lignine. En proportion relativement faible d'extractibles non azoté, de lipide et de matières minérales. Les proportions de ces constituants dépendent énormément de l'espèce, de l'âge et des organes de la plante [1].

I.2.1. Classification des fibres végétales

Les fibres végétales sont classées en quatre groupes (Figure I.1) suivant leur provenance. A s'avoir [2] : les fibres de feuille, de tiges, de bois et de surface.

✓ Les fibres de feuilles

Ces fibres sont obtenues grâce au rejet des plantes monocotylédones. Les fibres sont fabriquées par chevauchement de paquet qui entoure le long des feuilles pour les renforcer ces fibres sont dures et rigides.

✓ Les fibres de tiges

Les fibres de tige sont obtenues dans les tiges des plantes dicotylédones. Elles ont pour rôle de donner une bonne rigidité. Ces fibres sont commercialisées sous forme de paquet de cor et en toute longueur. Exemple : fibres de jute, de lin, de ramie, de kenaf, et de chanvre.

✓ Les fibres de bois

Les fibres de bois proviennent du broyage des arbres tels que les bambous ou les roseaux. Elles sont généralement courtes.

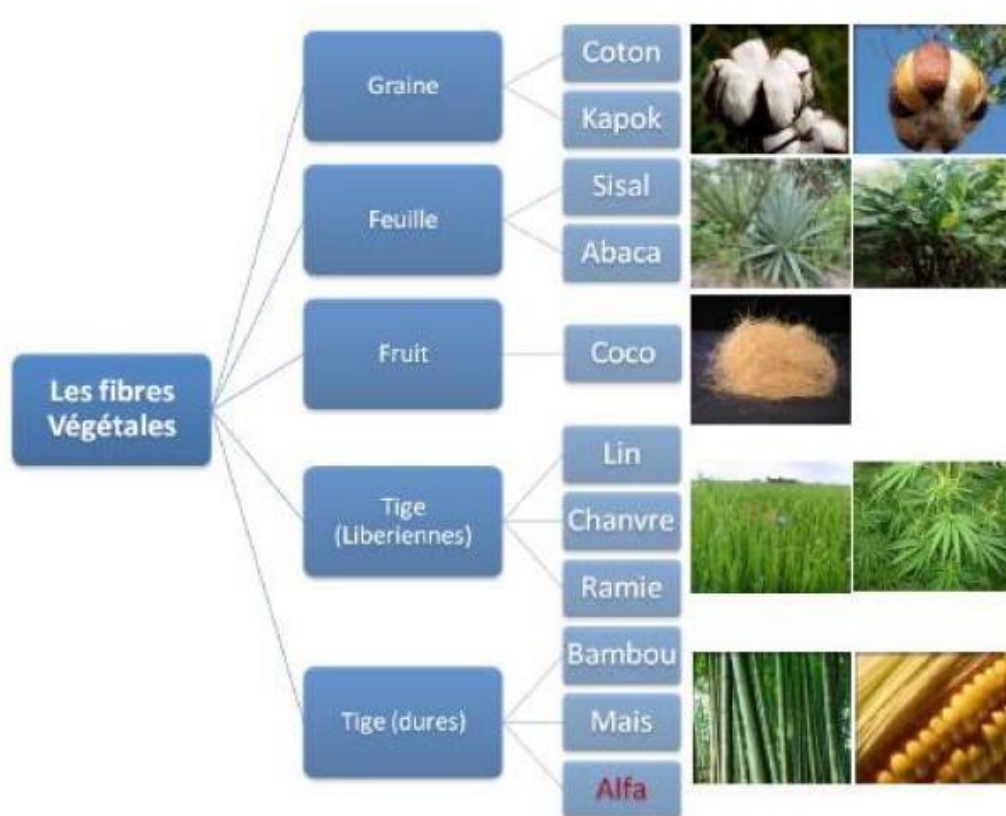


Figure I 1 Classification des fibres végétales selon l'origine [2]

I.2.2. Caractéristiques Chimiques des Fibres Végétales

Les fibres végétales sont caractérisées par leur composition chimique (Tableau I .1) qui influe énormément sur leur durabilité et spécialement dans les milieux alcalins. [3]

La composition chimique des fibres végétales est formée de trois principaux constituants à savoir : la cellulose, l'hémicellulose et la lignine.

Tableau I 1: Classification des fibres végétales selon l'origine [4]

Fibres végétales	Cellulose %	Hémicellulose %	Lignine %	Pectine %	Graisses %	Eau %	Angle de microfibrille %
Chanvre	70-74	17.9-22.4	3.7-5.7	0.9	0.8	6.2-12	2-6.2
Lin	71	18.6-20.6	2.2	2.3	1.7	8-12	5-10
Jute	61-71.5	13.6-20.4	12-13	0.2	0.5	12.5-13.7	8
Coton	85-90	5.7	-	0-1	0.6	7.85-8.5	-
Sisal	66-78	10-14	10-14	10	2	10-22	10-22
Ramie	68.6-76.2	13.1-16.7	0.6-0.7	1.9	7.5-17	0.3	7.5
Kénaif	45-57	21.5	8-13	3-5	-	-	-

I.2.2.1 La Cellulose

C'est la principale composante des fibres végétales. C'est un polymère naturel du premier plan. Généralement, les fibres végétales sont constituées par une chaîne de fibres en cellulose (Figure I.2).

I.2.2.2 Hémicellulose

L'hémicellulose présente dans toutes les parois de ces fibres. C'est le constituant responsable de l'élasticité des fibres et qui permet aux parois de s'allonger pendant la croissance.

I.2.2.3 Lignine

La lignine constitue la colle qui lie les fibres végétales entre elles ainsi que leurs parois. C'est un polymère tridimensionnel provenant de la copolymérisation de trois alcools phénylpropénoïques.[5]

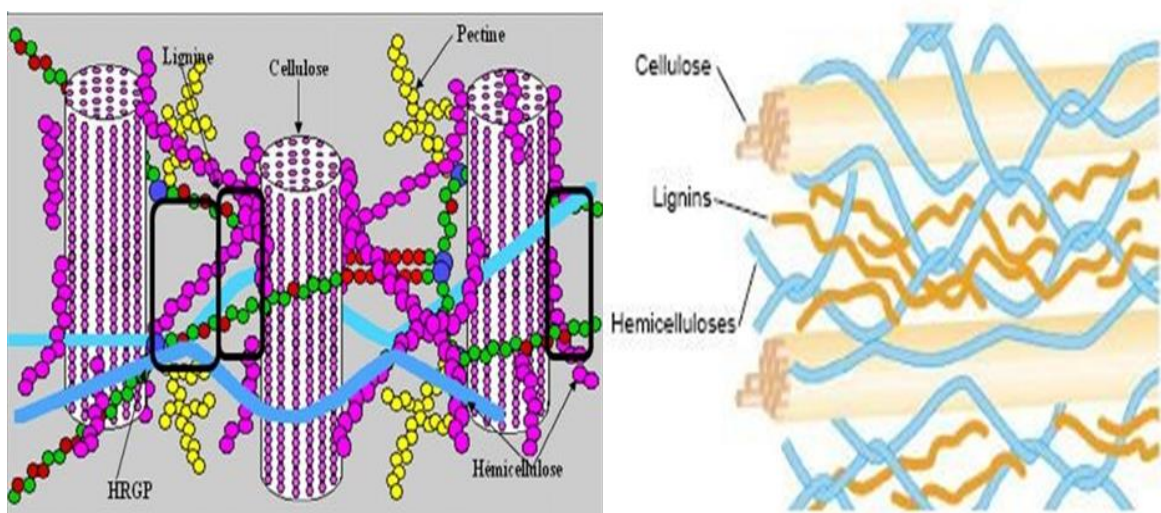


Figure I 2: Les différents constituants d'une fibre végétale [5]

I.2.3. Caractéristiques Physiques et Mécaniques des Fibres Végétales

Généralement une fibre végétale est caractérisée physiquement par son diamètre sa densité et son teneur en eau et son pourcentage d'absorption d'eau. Et elle est caractérisée mécaniquement par sa résistance à la traction, son élongation à la rupture et son module d'élasticité. Les propriétés physiques et mécaniques des fibres végétales ont été traitées par beaucoup de chercheurs [6].

Tableau I 2 : Les caractéristiques mécaniques de quelques fibres Végétales [6].

Fibre	Densité g /cm³	Module de traction (GPa)	Resistance en Traction (MPa)	Allongement (%)
Lin	1.5	28	345 - 1100	2.7 -3.2
Jute	1.45	13- 27	350 -550	1.2 – 2.5
Chanvre	1.48	29 -70	550 -900	1.6 – 3.5
Ramie	1.5	20 - 70	550 - 900	1.6- 4
KénaF	1.47	6 - 8	1580	2.7
Abaca	1.35	20	900	3.5
Sisal	1.45	9 - 20	400 - 700	2 - 14
Coco	1.15	4 - 6	130- 120	15 - 40
Coton	1.5	5 - 12	300 - 800	3 - 10

I.2.4. Structure de la fibre végétale

En première approche, une fibre végétale est assimilable à un matériau composite renforcé par des fibrilles de cellulose. La matrice est principalement composée d'hémicellulose et de lignine. Les fibrilles de cellulose sont orientées en hélice suivant un angle nommé angle micro fibrillaire. Habituellement, dans un matériau composite, le taux de renfort et l'orientation des fibres conditionnent les caractéristiques élastiques et à rupture. De même, dans une fibre végétale, les propriétés physiques des fibres naturelles sont principalement déterminées selon la composition chimique et physique, la structure, le pourcentage de cellulose, l'angle micro fibrillaire, la section et le degré de polymérisation.

En simplifiant, pour un pourcentage de cellulose donné, plus l'angle micro fibrillaire sera faible et plus la rigidité et la résistance de la fibre seront élevées ; plus l'angle micro fibrillaire sera important et plus l'allongement à rupture sera important [7].

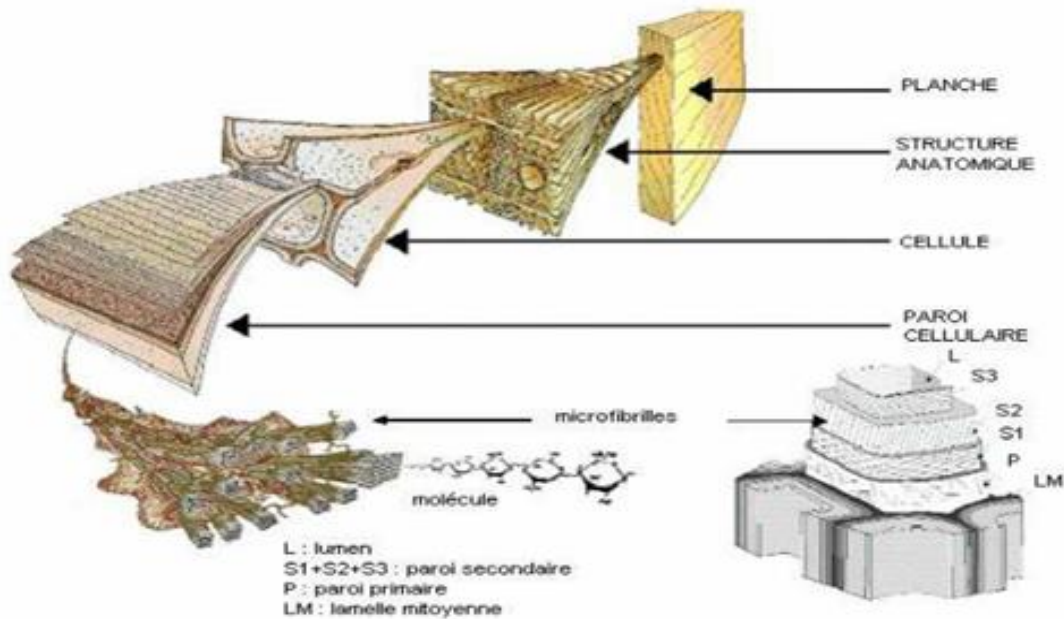


Figure I 3: Structure de la fibre végétale [7].

I.2.5. Les différents renforcements à base des fibres végétales

Dans la nature il y a plusieurs des plantes végétales, qui on peut utiliser comme des renforts au niveau de la matrice composite. Il y a :

I.2.5.1. Le chanvre

Le chanvre est une fibre libérienne, tout comme le lin, le kenaf, le jute et la ramie. Les plantes de cette famille présentent toutes des fibres externes longues et étroites et des fibres internes ligneuses. La France est le premier producteur en Europe pour la production de chanvre, sont généralement transformées en textiles (tapis et vêtements) et en produits industriels comme des géotextiles, de la toile anti-érosion, du renfort de composite et du remplissage. A cause de sa grande solidité et de son intérêt économique [8].



Figure I 4: La plante de chanvre et les fibres de chanvre [8].

I.2.5.2. Le lin

Le lin est une plante annuelle qui pousse dans le monde entier, aussi bien en Asie qu'en Europe. La fibre de lin vient des tiges de la plante mais aussi de l'huile extraite des graines. L'avantage de cette fibre est sa longueur élevée, en moyenne 25 cm et sa bonne résistance. Le lin peut être utilisé comme substitut au coton.

Cette fibre est utilisée pour fabriquer des papiers fins comme les papiers à cigarette ou le papier Bible.



Figure I 5: La plante du lin et les fibres de lin [8]

I.2.5.3. L'abaca

L'abaca ou chanvre de manille est un bananier textile (Musacées) qui pousse aux Philippines. Les fibres dans les gaines foliaires forment un pseudo tronc très recherché pour la fabrication de cordages légers et insubmersibles, et aussi de rabanes, nappes, stores, vêtements (Figure I.6).



Figure I 6 : Fibre de l'Abaca [8]

I.2.5.4. Le Cotton

Le cotonnier est un petit arbuste annuel de 1 à 1,50 m de haut. Il est cultivé dans les zones chaudes d'Amérique, d'Afrique et d'Asie. Les fibres de coton proviennent des graines, et sont appelées linters. Cette fibre (Figure I.7) est utilisée pour ses bonnes caractéristiques physiques et mécaniques. Elle est utilisée pour des papiers dits de luxe. Elles sont également utilisées pour les

papiers fiduciaires et principalement pour les billets de banques, papiers pour lesquels la caractéristique essentielle est la résistance au pliage [8].



Figure I 7: Les fibres naturelles de coton [8]

I.2.5.5. Le Kenaf

Le kenaf est une plante herbacée dont la tige peut atteindre 3 m de haut. Il se trouve principalement dans les régions tropicales et en Amérique du Sud. Elle est destinée uniquement pour le domaine papetier. La longueur moyenne des fibres (1.5 cm) est comprise entre celle des fibres de feuillus et celle des fibres de résineux.



Figure I 8: La plante de Kenaf avec ses fibres [8]

I.2.5.6. Le Jute

Le jute est une plante buissonnante originaire du sud-est asiatique. Les principaux producteurs sont l'Inde et le Bangladesh. Les fibres utilisées en papeterie sont les déchets de culture et de filature. La longueur moyenne des fibres est de 2 cm, avec une largeur de 20 μm . Les caractéristiques de ces fibres sont généralement assimilées à celles du kenaf [8]



Figure I 9: La plante de ramie et les fibres naturelles de la ramie [8]

I.2.5.7. Le Sisal

Le sisal est une plante vivace (Figure. I.10), constituée par une rosette de grandes feuilles à section triangulaire allant jusqu'à 2 m de long. 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 cm [9].



Figure I 10: Fibre naturelle du sisal [9]

I.2.5.8. Le Ramie

La Ramie est une plante arbustive (Figure. I-11). Originnaire d'Asie de l'Est, le ramie a pour principaux producteurs la Chine, le Japon et l'Amérique. La longueur moyenne des fibres est comprise entre 40 et 250 cm, pour un diamètre moyen de 45 μm . Ces fibres ressemblent aux fibres de lin mais sont encore plus longues, plus solides et plus rigides.



Figure I 11: Plante de Ramie et les fibres naturelles de la Ramie [9]

I.2.5.9. Le Coco

Les fibres de coco proviennent de la couche fibreuse qui entoure la noix de coco (Figure. I-12). Elles sont filées et tissées après avoir été assouplies dans l'eau. Le filage grossier et irrégulier donne au coco un aspect rustique. Le coco est très résistant, il est isolant, imputrescible et antibactérien. On utilise plutôt dans des pièces spacieuses [9].



Figure I 12: Fibre naturelles de la plante du coco [9]

I.2.5.10. Palmier dattier

Le palmier dattier il a un stipe solitaire de couleur marron ou gris qui atteint jusqu'à 20 mètres de hauteur et 60 cm de diamètre à l'âge adulte (Figure. I-13). Leur couronne se compose de plus d'une centaine de feuilles pennées qui mesurent plus de 5 mètres de longueur. Le pétiole peut mesurer jusqu'à un mètre, et est recouvert d'épines sur ses bords. Les folioles sont de couleur verte. Elles sont étroites, rigides et disposées de manière irrégulière sur le rachis. Les types les plus connus sont : De glette Nour, Dokar, Elghers (appellation locale) [10].

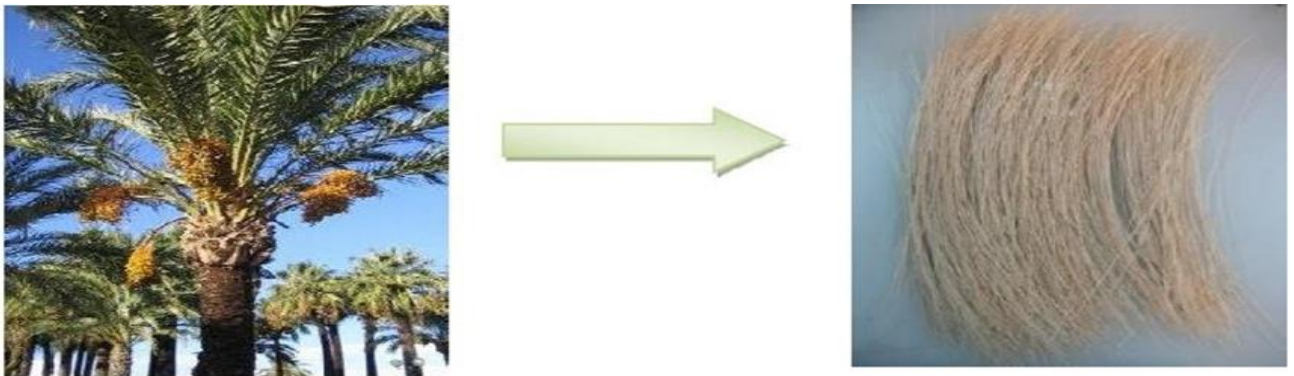


Figure I 13: Palmier et les fibres de palmier dattier. [10]

I.2.5.11. Alfa

L'Alfa est une herbe vivace typiquement méditerranéenne, elle pousse en touffes d'environ 1m à 1,20 m de haut formant ainsi de vastes nappes (Figure. I-14). Elle pousse spontanément notamment dans les milieux arides et semi arides, elle délimite le désert, là où l'Alfa s'arrête, le désert commence. Elle est employée dans la fabrication de sparterie, des cordages, des espadrilles, des tissus grossiers, des papiers d'imprimerie etc... [11].



Figure I 14: La plante et les fibres l'Alfa. [11]

I.2.6. Propriétés et avantages des fibres végétales

Les propriétés physico-mécaniques des fibres végétales soient affectées par certaines conditions de croissance, de climat, d'âge et d'origine végétale, elles ont un effet bénéfique sur les propriétés physico-mécaniques du composite. D'une manière générale elles sont de bons renforts pour les matrices à cause de leur résistance relativement grande et leur faible densité [12-13]. Les fibres lignocellulosiques renouvelables ont des avantages par rapport aux fibres synthétiques car elles forment des boucles au lieu de se rompre au cours de leur transformation et de leur fabrication. De plus, la cellulose contient une section ovale plate qui augmente le transfert de charge en présentant un rapport d'aspect effectivement plus élevé. Cependant, malgré ces nombreux avantages, la fibre végétale a certaines limites à être utilisée et qui sont des inconvénients. Le tableau I.3 présente les avantages et les inconvénients des fibres végétales comme renfort dans les composites.

Tableau I 3:Avantages Inconvénients des fibres végétales. [14]

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Faible coût ➤ Biodégradable (pour l'environnement) ➤ Ressource renouvelable ; ➤ Propriétés mécaniques ➤ Spécifiques importantes (résistance et rigidité) ➤ Demande peu d'énergie pour la production ➤ Non abrasif pour les outillages ➤ Bon isolant thermique et acoustique neutre pour l'émission de CO2 ➤ Pas de résidus après incinération ➤ Pas d'irritation cutanée lors de la manipulation des fibres. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Absorption d'eau ➤ Biodégradabilité (pour le matériau) ➤ Fibres anisotropes ➤ Pour des applications industrielles, nécessite de gestion d'un stock ➤ Faible stabilité dimensionnelle ➤ Faible tenue thermique (200 à 300°C max) ➤ Variation de qualité en fonction du lieu de croissance, des conditions météorologiques ➤ Renfort discontinu.

I.3 Présentation de l'olivier

L'Olivier est un arbre vigoureux qui peut atteindre non taillé 10 à 15 m de hauteur (Figure I.15). Des branches tortueuses aux nombreux rameaux arrondis à feuilles oblongues, lancéolées. Fleurit entre mai et juillet donnant des fruits gros, à formes variées. Sa très longue culture le rendit plus adapté, et fertile, mais en revanche, il devient sensible au froid ou à la chaleur. L'Olivier est cultivé pour son fruit, consommé frais ou sous forme d'huile après pressage. C'est une angiosperme dicotylédone arbustive, le genre *Olea* est composé d'une trentaine d'espèces, dont seul l'Olivier a des fruits comestibles [15].

Une multitude de variétés très fortement adaptées à divers milieux sont multipliées et cultivées dans différentes régions d'Algérie comme la Rougette de Mitidja, ou encore la Ronde de Miliana. Ce même auteur signale que par sa pérennité et sa très grande rusticité, l'Olivier se prête assez bien à une récolte des fruits sans beaucoup de soins préalables.

L'olivier est toujours vert, ses dimensions et ses formes varient avec les conditions climatiques, l'exposition, la fertilité du sol et les variétés, mais si on le laisser végéter seul il

prend couramment une forme pyramidale, peut atteindre 12 à 15 mètre de hauteur et son tronc se maintient le plus souvent élancé de bas en haut.

L'olivier, comme la plupart des plantes naturalisées dans le bassin méditerranéen, est originaire de la région caucasienne où sa culture commença il y a 6 000 ou 7 000 ans, puis il se diffusa sur les côtes de la Syrie, de la Palestine et en Egypte. Les Grecs participèrent à l'extension de l'aire oléicole avec leurs colonies d'Emilie et de Provence, les Romains permettaient ensuite une grande extension des oliveraies et un essor des échanges d'huiles d'olive [15].



Figure I 15: Arbre d'olivier

I.3.1. Répartition géographique

I.3.1.1. Dans le Monde

Cependant, environ 97% des 850 millions d'oliviers, qui couvrent une superficie de 9500000 hectares, dans le monde poussent en région méditerranéenne [16]. Le bassin méditerranéen reste une zone privilégiée par rapport au reste du monde pour la culture de l'olivier grâce à son climat adéquat tant au niveau de la température mais aussi au niveau de l'hydrométrie

Les zones de répartition géographique de la culture de l'olivier dans le bassin Méditerranéen est représenté dans la (figure I.16.)



Figure I 16: Zones de répartition géographique de la culture de l'olivier dans le bassin Méditerranéen. [16]

D'après [17], la répartition mondiale de l'Olivier est en Europe Méditerranéenne : 71 % des arbres sur 60 % des surfaces ; Proche Orient : 13 % des arbres sur 11 % des surfaces ; Afrique du nord : 13 % des arbres sur 23 % des surfaces ; Amérique latine et les U.S.A : 3 % des arbres sur 2 % des surfaces. Des 800 millions d'arbres d'Olivier, 26,6 % sont cultivés en Espagne, 24,2 % en Italie, 12,3% en Grèce, 9,3 % en Turquie, 6,8 % en Tunisie et seulement 2 % en Algérie [18].

I.3.1.2. En Algérie

La superficie oléicole de l'Algérie est de 383 443 hectares (ha) avec 50 369 990 oliviers dont 44 664 333 oliviers et 5 705 657 oliviers isolés. Le nombre d'oliviers en production est de 30 527 175, soit 61% du nombre total d'oliviers plantés en Algérie [19]. L'Oliveraie Nationale occupe 4,54% de la superficie agricole occupée (8 465 040 ha). La culture de l'olivier est concentrée dans la région centrale avec 160 515 ha, suivie de la région orientale avec 132 439 ha et de la région occidentale avec 73 032 ha, représentant respectivement 41,86%, 34,54% et 19,05% de la superficie des oliveraies. Le Sud est partie prenante du développement de l'oléiculture, ce qui a un impact sur le développement de l'oléiculture au niveau national, représentant 4,55% de la superficie de 17 457 ha [19]. La carte oléicole d'Algérie selon est représentée dans la (figure I.17)

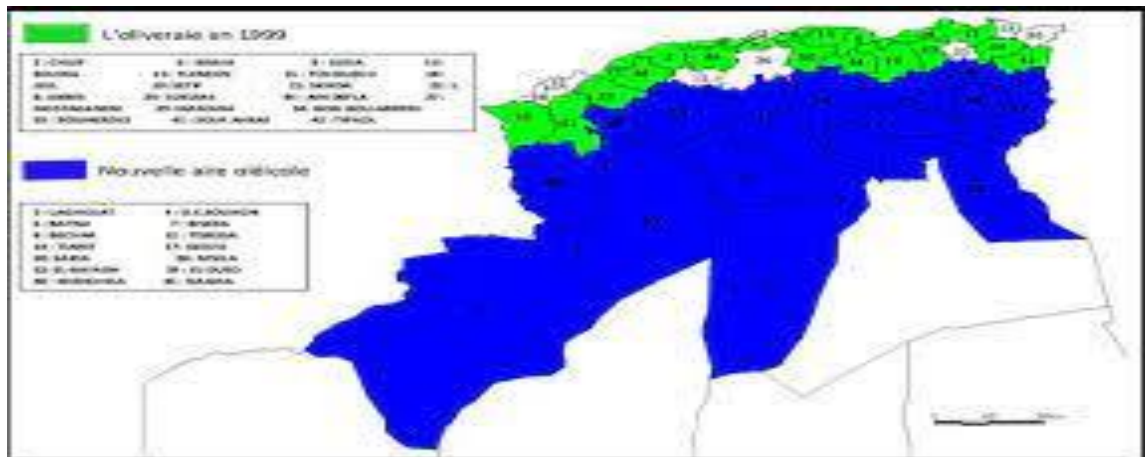


Figure I 17 : Carte oléicole d'Algérie.[20]

I.3.2. Description botanique de l'olivier

I.3.2.1 Les feuilles

Les feuilles portées sur les rameaux ont une position opposée et elles sont de petite taille (de 3 à 8 cm de long et de 1 à 2.5 cm de large) (figure I.18), de durée de vie moyenne de deux années et demi. La forme, la taille et les caractéristiques de la feuille de l'olivier peuvent être différentes selon les cultivars, mais les caractéristiques principales sont les mêmes dans la plupart des variétés. D'après [21], empilement de trois feuilles d'olivier suffit pour atteindre la réflexion infinie ; alors que chez des espèces à feuilles plus minces, cette réflexion est atteinte à partir de huit feuilles. Les feuilles de l'olivier sont persistantes, opposées, coriaces, ovales oblongues, à entières un peu enroulées par un court pétiole, elles sont vert grisâtre, à vent sombre dessous blanchâtres et à une seule nervure dessous. Très souvent, elles contiennent des matières grasses, des cires des chlorophylles, des acides (gallique et malique), des gommes et des fibres végétales.



Figure I 18 : schéma feuille d'olivier

I.3.2.2. Les fleurs

Les fleurs d'olivier sont groupées en inflorescence comportant un nombre de fleurs, variables d'un cultivar à un autre de 10 à plus de 40 par grappe en moyenne (figure I. 19). Les fleurs individuelles peuvent être hermaphrodites ou staminées [22].



Figure I 19 : Pièce florale.

I.3.2.3. Fruit

L'olive est une drupe, dont la peau (épicarpe) est recouverte d'une matière cireuse imperméable à l'eau (la pruine), avec une pulpe (mésocarpe) charnue riche en matière grasse stockée durant la lipogenèse de la fin août jusqu'à la véraison (figure I. 20).

D'abord vert, il devient noir à maturité complète. Le noyau très dur, osseux, est formé d'une enveloppe (endocarpe) qui se clarifie l'été à partir de fin juillet et contient une amande avec deux ovaires, dont l'un est généralement stérile et non fonctionnel, cette graine (rarement deux) produit un embryon, qui donnera un nouvel olivier si les conditions sont favorables [23].

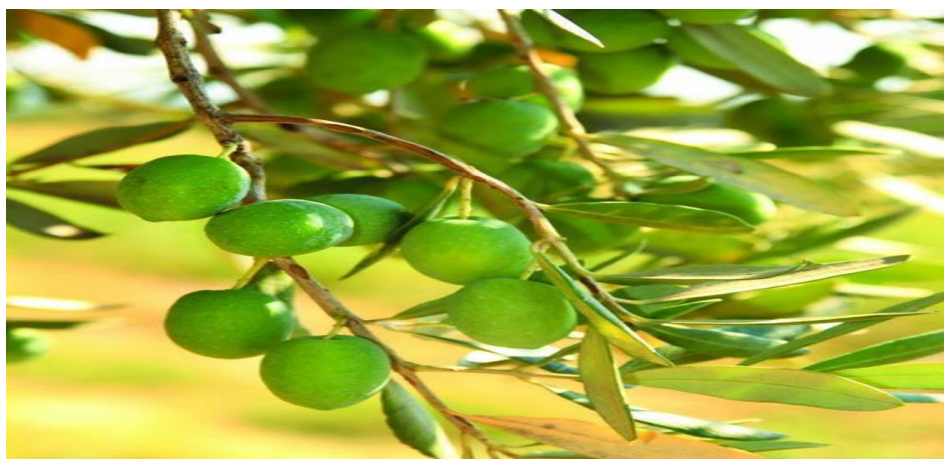


Figure I 20: fruit d'olivier.

I.3.3. Caractéristiques physiques

Les grignons bruts renferment la coque du noyau, réduite en morceaux, la peau et la pulpe broyée de l'olive, environ 25% d'eau et une certaine quantité d'huile qui favorisent leur altération rapide.

Les grignons épuisés diffèrent essentiellement par une plus faible teneur en huile et une teneur en eau réduite du fait qu'ils ont été déshydratés au cours du processus d'extraction.

Les grignons épuisés partiellement dénoyautés sont constitués essentiellement par la pulpe (mésocarpe) et contiennent encore une petite proportion de coques qui ne peuvent être séparées complètement par les procédés de tamisage ou de ventilation utilisés [24]

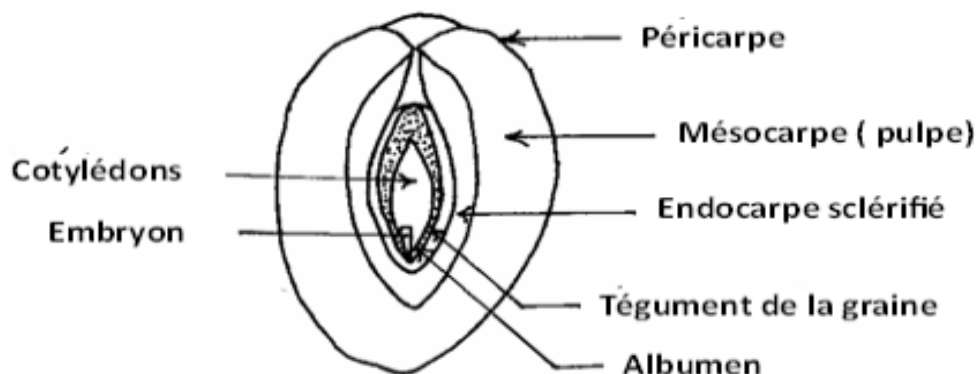


Figure I 21 : Coupe schématique de fruit de l'olivier

I.3.4 Caractéristiques chimiques

Contrairement aux autres tourteaux oléagineux, les grignons bruts sont pauvres en matières azotées et riches en cellulose brute. Ils restent relativement riches en matières grasses. L'épuisement par les solvants diminue les teneurs en matières grasses et augmente relativement les autres teneurs. Le dénoyautage partiel par tamisage ou ventilation réduit les teneurs en cellulose brute, (Tableau I.4) [25]

Les pulpes, du fait de la séparation totale du noyau avant pression, ont la valeur la plus faible en cellulose brute.

Tableau I 4: Compositions chimiques des différents types de grignons [25]

Types de grignon	Matière sèche (%)	Matières minérales (%)	Matières Azotées Totales (%)	Cellulose Brute (%)	Matières Grasses (%)
Grignon brut	75-80	3-5	5-10	35-50	8-15
Grignon gras partiellement dénoyauté	80-95	6-7	9-12	20-30	15-30
Grignon épuisé	85-90	7-10	8-10	35-40	4-6
Grignon épuisé partiellement dénoyauté	85-90	6-8	9-14	15-35	4-6
Pulpe grasse	35-40	5-8	9-13	16-25	26-33

Les valeurs indiquées ci-dessus sont très variables principalement pour les grignons bruts et les grignons gras partiellement dénoyautés et ne peuvent être considérées que comme indicatives.

Il est à noter que ces différents grignons proviennent d'olives d'origines variées et ont subi des traitements différents.

I.3.4.1. La cellulose brute

Comme mentionné ci-dessus, le taux de cellulose brute est élevé pour les grignons non dénoyautés. Le dénoyautage partiel réduit considérablement cette teneur, mais même la pulpe pure contient autour de 20 % de cellulose brute [25].

La cellulose est un polymère naturel qui a un rôle structural de première grande majorité des parois végétales. La molécule de cellulose est constituée d'environ 14 000 unités de glucose [26]. Les molécules de glucose sont associées par une liaison β osidique C1-C4, le constituant élémentaire est la Cellobiose (voir Figure I.23)

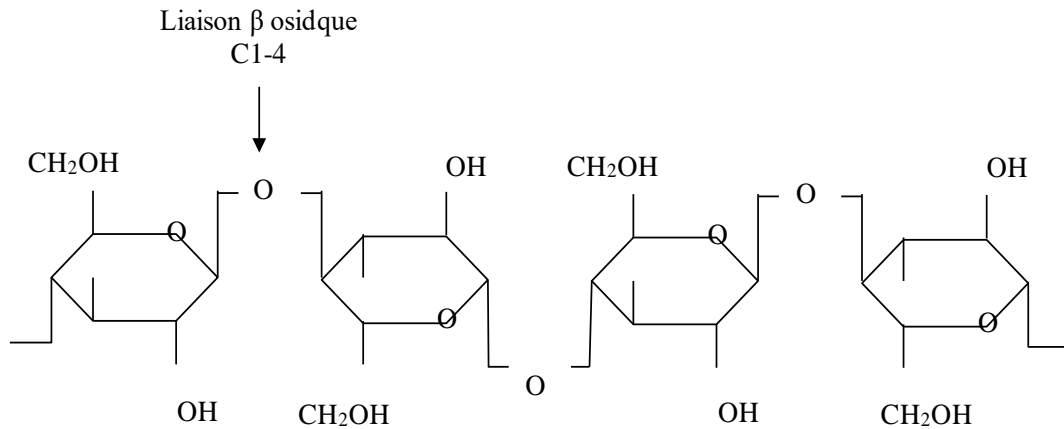


Figure I 22 : Structure de la cellulose [26]

I.3.4.2. Les lignines

La lignine, l'une des matières qui n'appartient pas aux éléments cellulosiques de la cellulose brute, est un dérivé aromatique polymérisé qui constitue la majeure partie de la fraction ligneuse des végétaux, provenant de la copolymérisation de trois alcools spécifiques [27].

I.3.4.3. Les matières azotées totales

Leurs teneurs varient selon le type de grignon mais restent relativement modestes. L'azote protidique constitue plus de 95 % de l'azote total et sa solubilité est particulièrement faible (1,5% de l'azote total 3%). D'ailleurs une grande partie des protéines (80 à 90 %) est liée à la fraction lignocellulosique. [28]

I.3.4.4. Les lipides

La matière grasse des grignons est très riche en acides gras en C_{16} et C_{18} insaturés qui constituent 96% du total des acides gras. Les grignons sont très vulnérables à l'oxygène atmosphérique responsable en grande partie de l'altération des propriétés organoleptiques [28].

I.3.4.5. Matières minérales (cendres)

Les grignons en plus des matières grasses, azotées, pariétales, comprennent aussi des matières minérales dites Cendres brutes qui sont, normalement, faibles (3 à 5 %). Les teneurs élevées qu'on peut rencontrer sont dues à l'absence de lavage et aux contaminations provenant du sol [28].

1.4 Noyau d'olive

La quasi-totalité d'olive est produit par les pays méditerranéens dont l'Algérie qui produit environ 1% de la production mondiale. Les noyaux d'olives sont des sous-produits naturels d'origine végétale issue essentiellement de procédés tels que la préparation d'huile d'olive et l'obtention d'olives dénoyautées pour le commerce. Ces déchets sont des matériaux carbonés habituellement utilisés dans différents domaines, pour l'alimentation animale, pour produire de l'huile de grignons d'olive, pour la fabrication de quelques produits cosmétiques et depuis quelques années, ces derniers sont utilisés dans le domaine génie civile.

Les noyaux d'olives constituent le troisième produit majeur des déchets issus des industries alimentaires pouvant trouver un débouché dans la fabrication de matériaux de construction.

L'olive est une drupe, dont la peau (épicarpe) est recouverte d'une matière cireuse imperméable à l'eau, avec une pulpe (mésocarpe) charnue riche en matière grasse. D'abord verte, elle devient noire à maturité complète. Le noyau très dur, osseux, est formé d'une enveloppe (endocarpe) qui se sclérifie l'été à partir de la fin juillet, et contient une amande avec deux ovaires, dont l'un est généralement stérile et non fonctionnel : cette graine (rarement deux) produit un embryon, qui donnera un nouvel olivier si les conditions sont favorables [29].

1.4.1. Caractéristiques des noyaux d'olive

- Forme : ellipsoïdale
- La taille : petite à moyenne.
- Poids de 20 grains : 10 à 15g.
- Couleur : verte et noire.
- Surface : grossière.

1.5 Conclusion

Les fibres naturelles présentent de nombreux avantages (faible coût, ressource renouvelable, biodégradabilité, propriétés mécaniques spécifiques importantes (résistance et rigidité)). Comme tous les produits naturels, les propriétés mécaniques et physiques des fibres naturelles varient considérablement. Ces propriétés sont gouvernées par la composition chimique et structurale et dépendent du type de la fibre. La cellulose, le composant principal de toutes les fibres végétales, varie d'une fibre à une autre.

Chapitre II

*Matériels et
techniques
expérimentales*

II.1 Introduction

Ce chapitre est réservé à la description détaillée des différentes méthodologies expérimentales suivies et adoptées pour la caractérisation physique et mécanique en vue d'évaluer les propriétés des biocomposites à matrice cimentaire renforcés par la poudre de noyaux d'olive. Ceux-ci et réalisées en passant par une description des matériaux utilisés, ainsi que les techniques d'extractions et préparation de la poudre de noyau d'olive. Pour cela, plusieurs machines et appareillages ont été utilisées pour la caractérisation à savoir : le pycnomètre, un appareil tamiseuse électrique **Sieve Shaker D407**, table de secousse **UTEST** et la machine hydraulique universelle de type **CONTROLAB C0049SP** capacité 2000 kN a été utilisée pour la caractérisation mécanique des mortiers renforcés de poudre de noyau d'olive, élaborés et sollicités en compression et ou en flexion.

II.2. Matériau utilisé

II.2.1 Noyau d'olive

L'olive est le fruit de l'olivier, arbre fruitier caractéristique des régions méditerranéennes (Figure II.1a). Sur le plan botanique, c'est une drupe de forme ovoïde, à peau lisse, à enveloppe charnue riche en matière grasse, renfermant un noyau très dur, osseux, qui contient une graine. La couleur de l'olive, d'abord verte, vire au noire à pleine maturité (Figure II.1b). L'olive est composée de trois parties : la cuticule, la pulpe et le noyau (grain). Quant au noyau d'olive (Figure II.1c), représente le choix de notre matériau, à cause de leurs bonnes propriétés spécifiques à savoir la biodégradabilité, l'abondance, le caractère renouvelable et le faible coût, qui va être un ajout dans un mortier.



Figure II 1 : a) Olivier, b) Olives et c) Noyaux.

II.2.1.1 Prélèvement les noyaux d'olive

Les olives récupérées des fermes oliveraies de variété ségoïse de la région d'Oued Soufi située au sud-est de l'Algérie. Cette source d'énergie renouvelable, abondante et disponible reste très mal exploitée.

II.2.1.2 Dénoyautage

L'opération de dénoyautage consiste à enlever des noyaux des olives qui sont épluchées et éliminer la membrane externe de l'olive. Ensuite ont été récupérés et lavés dans récipient plein de l'eau de robinet, puis séchées à l'air libre dans un endroit où il y a de l'ombre (Figure II.2).



Figure II 2 : Nettoyage et Séchage des noyaux

II.2.1.3 Broyage

Opération consiste à réduire le noyau d'olive à des dimensions (sous forme de poudre). Les noyaux d'olives ont été broyés par un appareil BOMANN (Figure II.3a) une quantité de poids bien déterminée de noyaux placée dans un réceptacle de broyage (Figure II.3b) pour obtenir à la fin une poudre de différentes dimensions de grains pour l'utilisation à des essais qui vont être déterminer par la suite (Figure II.3c).



Figure II 3 : Mouture du noyau d'olive : a) broyeur de type BOMANN, b) réception de l'appareil et c) poudre de noyau

II.2.2 Sable

Les sables sont le résultat d'une décomposition chimique ou d'une désintégration mécanique des rochers, suivie par un processus de transport qui est à l'origine de leurs caractéristiques physico-chimiques ; les sables ainsi disponibles sont le résultat d'un processus souvent complexe d'érosion et de sédimentation. Ils comportent, à des degrés divers une décomposition sur place, des différentes roches, suivie d'un transport fluviatile et parfois éolien. Pour notre étude nous avons utilisé le sable naturel de Haoudh Elhamra Hassi Messaoud OUARGLA (Figure II.4).



Figure II 4 : Sable naturel.

II.2.3 Ciment

Le ciment est un liant hydraulique sous forme d'une fine poudre chimique composée de silicates et d'aluminates de calcium, qui s'hydrate en présence d'eau pour former un matériau solide qui conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau. Le ciment est donc le matériau le plus utilisé dans la construction.

Le ciment utilisé dans cette recherche est de la marque portland Matine provient, de l'usine CILAS, Hammam Sidi El Hadj, commune de Djemorah, Biskra, Algérie. (NA442 CEM II/B-L 42,5) Matine Ciment gris pour bétons de haute-performance destiné à la construction des Ouvrages d'Art, infrastructure et superstructure pour bâtiments.



Figure II 5 : Ciment portland au calcaire

II.2.4 Eau

Généralement, l'eau potable est propre ne nécessitant aucun essai d'analyse, elle se caractérise par des propriétés physico-chimiques acceptable et mieux pour la confection du béton ou de mortier que les eaux usées ou les eaux de haute salinité.

Dans la wilaya d'Ouargla l'eau de robinet est la source principale d'eau potable. En effet cette source d'eau est utilisée pour les différents gâchages dans notre élaboration des mortiers du laboratoire de génie civil de l'université de Kasdi Merbah Ouargla.

II.3 Méthodes expérimentales

II.3.1 Test d'analyse granulométrique

Un appareil tamiseuse électrique de type Electromagnétique **Sieve Shaker** D407 a été utilisé pour l'analyse granulométrique du sable et du poudre de noyau d'olive.

L'analyse granulométrique permet de mesurer la distribution dimensionnelle en poids des éléments d'un matériau, elle comprend deux opérations :

1. Tamisage.
2. Sédimentation.

Selon la norme NF EN 933-2 permet de déterminer la grosseur et les pourcentages pondéraux respectifs de différentes familles de grains constituant l'échantillon. Elle s'applique à tous les granulats de dimension nominale inférieure ou égale à 0,063 mm à l'exclusion des fillers. L'essai consiste à classer les différents grains constituant l'échantillon en utilisant série de tamis, emboîtés les uns sur les autres, dont les dimensions des ouvertures sont décroissantes du haut vers le bas (Figure II.16). Le matériau étudié est placé en partie supérieure des tamis et le classement des grains s'obtient par vibration de la colonne de tamis, On distingue :

- Le refus désigne la partie des grains retenue dans un tamis.
- Le refus cumulé représente tous les grains bloqués jusqu'au tamis considéré (les grains du tamis considéré plus les grains bloqués dans les tamis de mailles supérieures).
- Le tamisât ou passant désigne la partie qui traverse le tamis.

Les masses cumulées des différents refus sont exprimées en pourcentage par rapport à la masse initiale de l'échantillon de granulat.



Figure II 6 : Test et les tamis l'analyse granulométrique.

II.3.2 Masse volumique

Des mesures de la masse volumique des différentes formulations des bio-mortiers élaborés ont été effectuées sur les échantillons (Figure II 7a, 7b et 7c). En prélevant une quantité nécessaire pesée sur une balance électronique de précision de 0.0001g (Figure II.7d), Ces mesures consistent simplement à déterminer les masses et les volumes des échantillons des mortiers renforcés par différents pourcentages de fibres et à calculer leur masse volumique (ρ_f) des matériaux utilisés et par test d'immersion avec de l'eau distillée à l'aide d'un pycnomètre (Figure II.7e) selon la formule (II.1) :

$$\rho_f = \frac{(m_2 - m_1)}{(m_3 - m_1) - (m_4 - m_2)} \rho_{wt} \quad (\text{II. 1})$$

Où :

m_1 : la masse du pycnomètre vide (g) ;

m_2 : la masse du pycnomètre avec fibres (g) ;

m_3 : la masse du pycnomètre avec de l'eau distillée (g) ;

m_4 : la masse du pycnomètre avec des fibres et de l'eau distillée (g) ;

ρ_{wt} : la masse volumique de l'eau distillée (1 g/cm³).

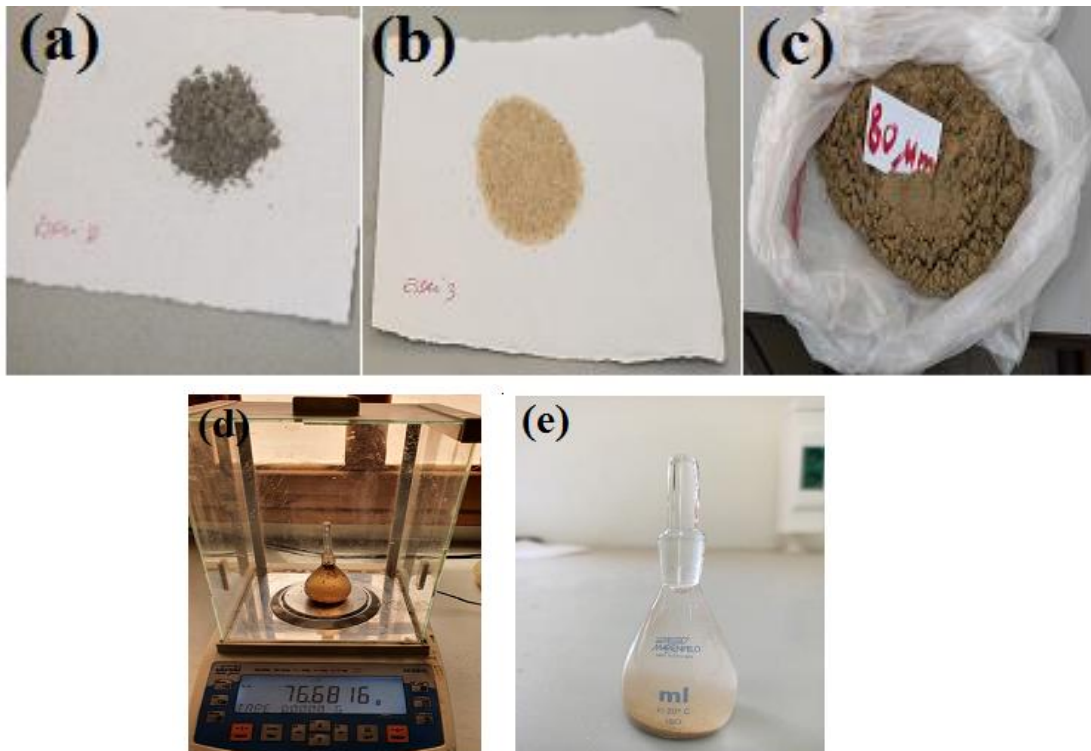


Figure II 7 : Test de la masse volumique a) ciment, b) sable, c) poudre de noyau d'olive, d) balance électronique et d) pycnomètre

II.3.3. Technique de moulage

II.3.3.1. Préparation des moules utilisés

La première étape pour la technique de moulage des mortiers, c'est la préparation des moules appropriés pour chaque type d'essai. Pour les tests de flexion et compression, des moules métalliques prismatique ont été choisis, qui sont disponibles au niveau de laboratoire de Génie civil. Tout d'abord, un moule de dimensions (40x40x160) mm a été utilisé, pour la préparation des éprouvettes en mortier qui ont été fabriquées pour tous les essais menés dans cette étude (Figure 178).



Figure II 8 : Moules métalliques prismatique lisses

II.3.3.2 Préparation du mortier

Pour la composition du mortier qui est un bio composite, on a utilisé un dosage en ciment, sable et un ajout de différentes quantités de pourcentage de poudre de noyau d'olive correspondant à celui d'un mortier normalisé défini par la norme EN 196-1. Le mortier doit être composé en masse, d'une partie de ciment, de trois parties de sable normalisé et d'une de mi-partie d'eau selon le rapport suivant :

$$E/C = 0.5 \quad (II.2)$$

Où :

E- eau ;

C- ciment.

L'élaboration du mortier est effectuée manuellement à température ambiante.

Le tableau II.1 résume la formulation adoptée pour les éprouvettes en mortier.

Tableau II 1 : Taux de chaque composante.

Run	Ajout (%)	Ciment (g)	Eau (g)
T0	0	500	250
T1	1	495	247.5
T2	2	490	245
T3	3	485	242.5
T4	4	480	240
T5	5	475	237.5

Il est important à signaler que le taux optimal de la poudre de noyau d'olive sera utilisé pour l'élaboration du mortier renforcé par les fibres végétales. L'ajout de renfort, dans notre cas est la poudre de noyaux d'olive a pour but de refléter l'effet du renforcement par fibres végétales sur le comportement du mortier.

II.3.3.3 Préparation des échantillons utilisés dans l'étude

Pour l'élaboration du mortier, nous versons 1,5 Kg de sable dans un récipient après l'avoir pesé avec une balance électronique.

- Nous avons ajouté différents pourcentages de poudre de noyaux d'olive (0%, 1%, 2%, 3%, 4, 5%) avec deux dimensions de grain 80 µm et 160 µm, respectivement, avec la même quantité de sable (Figure II.9a).

- En plus du ciment (durable) que l'on prend dans des proportions inversement proportionnelles à la masse de la poudre de noyaux d'olives, plus on augmente la quantité de poudre d'olives, moins on ajoute de ciment, comme le montre le tableau II.1.
- Ensuite, nous ajoutons de l'eau, que nous avons calculée en masse dans chacun des six tests (Figure II.9b), selon la relation (II.2), et nous mélangeons (sable + ciment + eau + poudre de noyaux d'olive) pour obtenir un mélange homogène et le mettre dans le moule métallique (Figure II.9c) qui a été pressé au moyen d'une table de secousse qui est un dispositif de vibration (Figure II.9d);
- Enfin le moule rempli de mortier est convenablement identifié pendant 24 heures pour sécher à température ambiante, puis placé jusqu'au moment du démoulage (Figure II.9e).

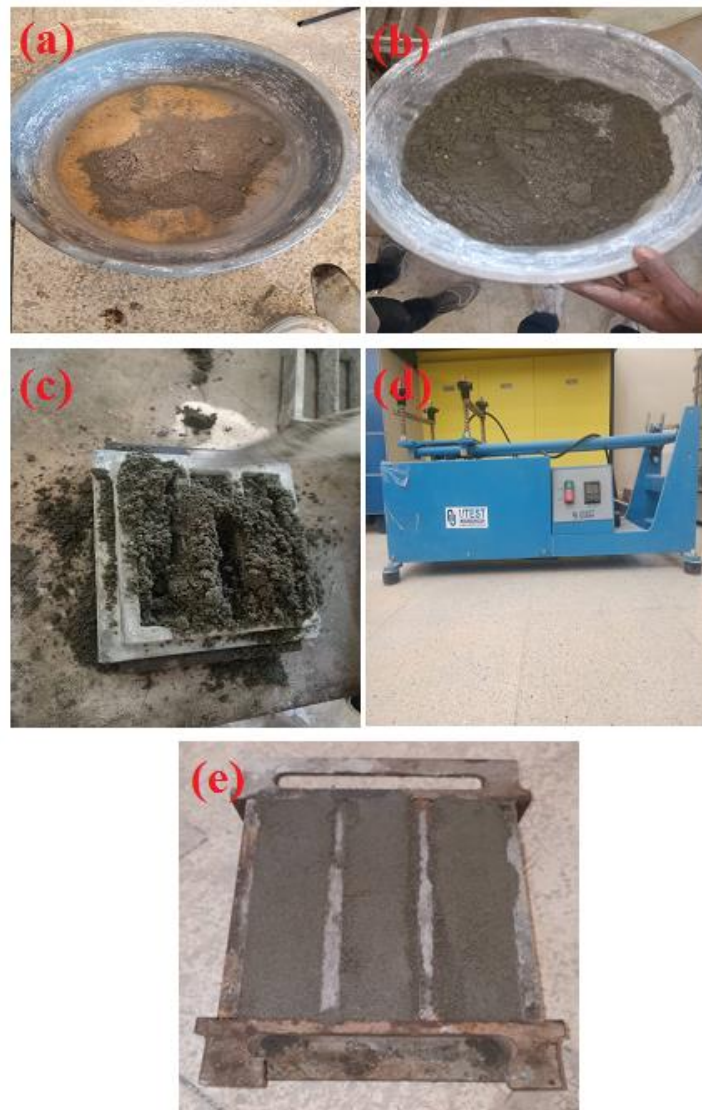


Figure II 9 : La préparation des échantillons : a) Mélange, b) Malaxage du mortier, c) Remplissage de l'éprouvette prismatique, d) Compactage d'éprouvette et e) Mortier final.

Les échantillons ont été démoulés après 24 heures et, par la suite, séchés à température ambiante pendant 28 jours avant d'être testés. Enfin, chacun des types d'éprouvettes, a été testé au moins 3 fois en flexion et compression (Figure II.10).

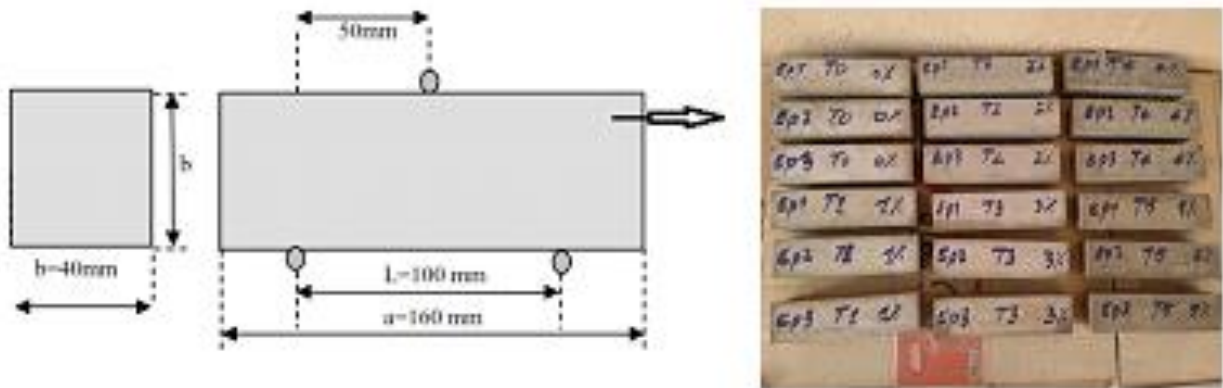


Figure II 10 : Échantillonnage normalisé de mortier renforcé de la poudre de noyau d'olive pour essai de flexion et compression.

II.3.3.4 Table de secousse

La table de secousses est utilisée pour le compactage d'éprouvettes de ciment dans un moule de 40x40x160 mm et se compose d'une table de moulage assise sur une came rotative entraînée à 60 tr/min (Figure II.11). La hauteur de chute est de 15 mm conformément à la norme EN 196-1. La machine est équipée d'un compteur qui s'arrête automatiquement à la fin des nombres de gouttes prédéfinis. Le châssis de support de la machine a été conçu pour assurer des dimensions précises, la planéité de la table, le centrage correct du moule à trois trains sur la table. L'ensemble moteur et réducteur est enfermé dans un carter de protection, ce qui favorise la sécurité de l'utilisateur (les pièces mobiles sont inaccessibles).



Figure II 11 : Table de secousse de type UTEST.

II.3.4 Essai de compression et de flexion trois points

Les éprouvettes de bio-mortier sont testées à l'aide d'une machine hydraulique universelle de compression CONTROLAB de type C0049SP capacité 2000 kN, qui est aussi une machine universelle équipée d'un système de flexion (figure II.12a).

Dispositif pour essais de flexion sur prismes en mortier 4x4x16 cm selon EN 196.1 (Figure II.12b). Composé de deux couteaux inférieurs distants de 100 mm et un couteau supérieur, diamètre des couteaux : 10 mm. A insérer dans l'espace de compression d'une machine d'essai. Dimensions : 160 x 153 x h185 mm, avec un poids de 11 Kg

Cette machine est destinée à la compression des éprouvettes de ciment de cubes (4x4) (Figure II.12c), ou (5x5) ou (7x7) ou (10x10) cm.

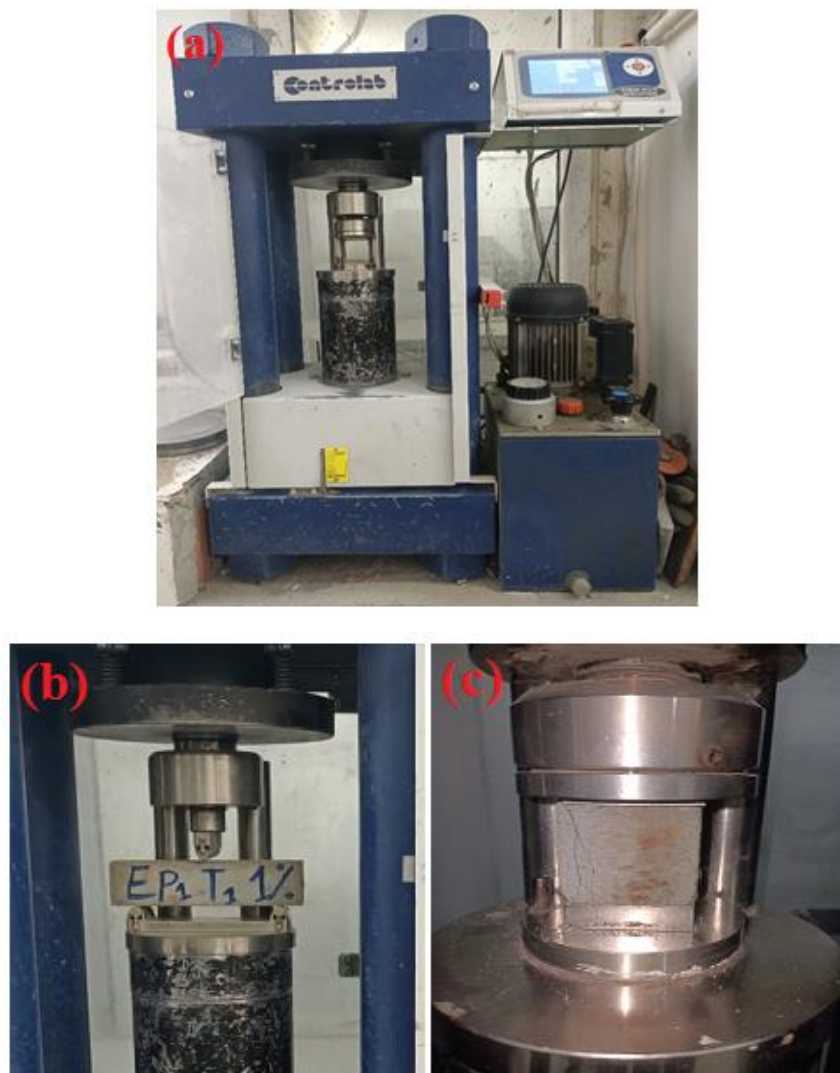


Figure II 12 : Presse hydraulique universelle : a) Eprouvette de bio-mortier en flexion, b) Eprouvette de bio-mortier en compression.

Caractéristiques mécaniques de la machine :

- Bâti haute rigidité à 2 colonnes,
- Plateaux de compression \varnothing : 153 mm,
- Distance maximum entre plateaux de compression : 185 mm
- Distance entre colonnes : 180 mm
- Course 45 mm
- Alimentation : 220/230 V – 50 Hz – monophasée.
- Puissance : 750 W
- Poids : 400 kg

Le but des deux essais est de déterminer la résistance à la flexion et à la compression du bio-mortier.

II.4 Conclusion

Ce chapitre présente en détail les moyens expérimentaux ainsi que la description des matériels utilisés qui ont servi à la caractérisation physique et mécanique. Les différentes étapes de préparation des échantillons du début de prélèvement des olives jusqu'à l'utilisation des noyaux d'olive sous forme de poudre, ainsi que les bio composites élaborés renforcés par ce type de fibres.

Chapitre III

Résultats et discussion

III.1 Introduction

L'utilisation des fibres naturelles dans les composites cimentaires, est une solution technique innovante, récemment, les bâtiments verts sont conçus pour être des lieux de vie et de travail respectueux de l'environnement, économiquement viables et sains. L'un des principaux matériaux actuellement utilisés dans les constructions vertes est le bio composite bio-fibré à matrice cimentaire, ils sont élaborés par la combinaison de fibres végétales, généralement dérivées de plantes ou de cellulose, avec des matrices cimentaires.

L'objectif principal de ce chapitre est l'identification du comportement mécanique des bio-composites élaborés à matrice cimentaire renforcée par des fibres végétales sous formes des grains, issues des noyaux d'olives, et ceux pour une éventuelle utilisation dans des applications non structurelles. L'étude est focalisée sur l'influence de la teneur en fibres de la poudre du noyau d'olive. En conséquence, les essais de flexion 3-points et de compression ont été effectués sur les éprouvettes de bio-mortier après 28 jours de séchage afin d'identifier leur comportement mécanique.

III.2 Masse volumique

Les résultats expérimentaux révèlent les masses volumiques des matériaux utilisés dans le mortier sont mesurées par La méthode d'Archimède tableau III.1. Les résultats montrent que la masse volumique du ciment utilisé $3,016 \pm 0,094 \text{g/cm}^3$ est strictement supérieure de à celle de sable et du noyau d'olive.

Tableau III 1 : Les résultats expérimentaux des masses volumiques des matériaux utilisés

Matériau	Masse volumique (g/cm ³)
Poudre noyau d'olive	$1,350 \pm 0,051$
Sable	$2,640 \pm 0,068$
Ciment	$3,016 \pm 0,094$

III.3 Analyse granulométrique

Les tests de l'analyse granulométrique ont été effectués sur le sable et la poudre du noyau d'olive. On récapitule les résultats de l'analyse granulométrique des deux matériaux utilisés dans le tableau III.2 et III.3 suivants :

Tableau III 2 : Résultats de l'analyse granulométrique du sable.

Tamis (mm)	Poids (g)	Poids cumule (g)	% de refus
0,08	505,9	505,9	17,96009656
0,16	248,9	754,8	26,79636467
0,315	1062,5	1817,3	64,51647259
0,63	546,8	2364,1	83,92857143
1,25	229,9	2594	92,09031525
2,5	86,8	2680,8	95,17182619
5	45,3	2726,1	96,78003408
10	0		100

Tableau III 3 : Résultats de l'analyse granulométrique de poudre du noyau d'olive

Tamis (mm)	Poids (g)	Poids cumulé (g)	% de refus
0,08	144,5	144,5	7,609268036
0,16	140,9	285,4	15,02896261
0,315	144,4	429,8	22,63296472
0,63	326,1	755,9	39,80516061
1,25	719,7	1475,6	77,70405477
2,5	293,2	1768,8	93,14375987
5	112,6	1881,4	99,07319642
10	0	0	100

Les pourcentages ainsi obtenus sont exploités soit numériquement soit graphiquement. Cela permet d'observer la proportion de refus cumulé ou de tamisa jusqu'à un diamètre de grain par rapport au granulat voir figure III.1.



Figure III 1 : Test d'analyse granulométrique avec différentes dimensions des grains de noyau d'olive

La granularité est exprimée par une courbe granulométrique qui donne la répartition de la dimension moyenne des grains du matériau, exprimée sous forme de pourcentage du poids total du matériau, elle est tracée en diagramme semi-logarithmique avec (Figure III.2 et III.3) :

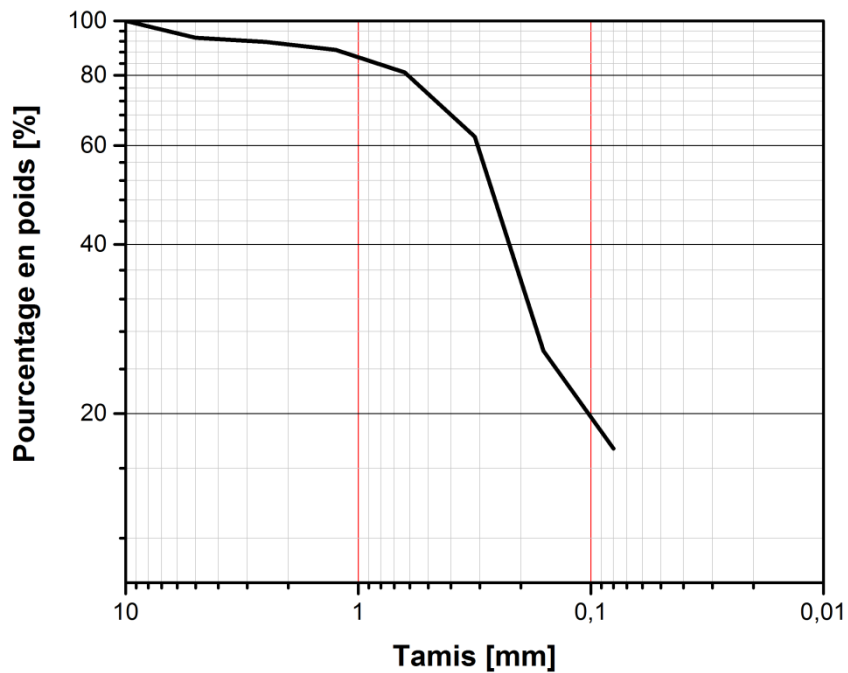


Figure III 2 : Courbes d'analyse granulométrique du sable.

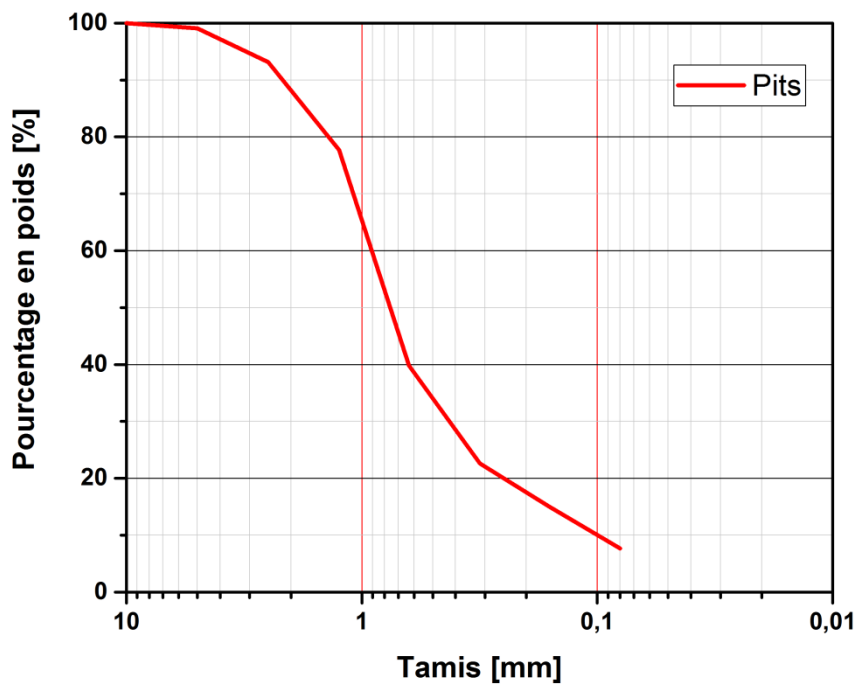


Figure III 3 : Courbes d'analyse granulométrique de la poudre de noyau d'olive.

En abscisse, le logarithme de la dimension des ouvertures des tamis en valeur croissante. En ordonnée, le pourcentage, en poids du matériau total de la fraction du matériau utilisé dont les grains ont un diamètre moyen inférieur à celui de l'abscisse correspondante on constate que la courbe granulométrique est un élément fondamental de la classification du matériau.

Les tests de filtrage sont effectués sur les deux échantillons, le tamisage indique un rapport semi-parabolique a été obtenu pour les deux courbes.

III.4 Caractérisation mécanique des bio-mortiers renforcés par une poudre de déchet agricole

III.4.1 Caractérisation des bio-mortiers en flexion 3-points

Les résultats expérimentaux révèlent les propriétés mécaniques moyennes issues de l'essai de flexion 3-points en termes de contrainte, déplacement et module de Young, obtenus pour les différents bio-mortiers sont présentés dans le tableau III.4.

Tableau III 4 : récapitule les résultats expérimentaux des essais de flexion et de compression

Echantillon	Poudre de noyau (%)	Dimension du grain (μm)			
		80	160	80	160
		Contrainte en flexion (MPa)		Contrainte en compression (MPa)	
T0	0	3,29 \pm 0,03		11,31 \pm 0,77	
T1	1	3,39 \pm 0,04	2,71 \pm 0,26	12,33 \pm 0,85	9,35 \pm 2,19
T2	2	1,96 \pm 0,02	3,14 \pm 0,20	3,03 \pm 0,49	10,81 \pm 2,16
T3	3	1,77 \pm 0,27	2,72 \pm 0,37	2,59 \pm 0,30	6,96 \pm 2,27
T4	4	1,72 \pm 0,14	2,75 \pm 0,12	2,50 \pm 0,53	6,41 \pm 0,60
T5	5	1,47 \pm 0,10	2,46 \pm 0,08	2,12 \pm 0,29	5,71 \pm 0,54

Les courbes de figure III.4 montre le comportement mécanique défini par l'allure contrainte/déformation avec l'influence de l'ajout de déchets de noyau d'olive à des pourcentages de 1%, jusqu'à 5% par rapport au mortier de référence en flexion. Les résultats des essais de flexion indiquent que la résistance à la flexion de bio mortier diminue en fonction de d'augmentation de pourcentages de la poudre d'olive.

Le bio-mortier présentant la meilleure contrainte aux essais de flexion montrée dans la figure III.5, a été obtenu pour une teneur en poudre de 1 % avec une dimension de grain de 80 μm . Dans ce cas la valeur maximale est de 3,39 MPa par rapport au mortier de référence (0 % d'ajout) 3,29 MPa, qui représente une augmentation d'environ 3%.

Alors que, une comparaison entre les deux bio mortiers renforcés par la même teneur de 1 % d'ajout mais avec une dimension de grain respectivement égale à 80 μm et 160 μm a donné une valeur de la contrainte en flexion qui a utilisé une dimension de grain de 160 μm égales à 2,71 MPa inférieure celle utilisée une dimension de 80 μm (Figure III.5).

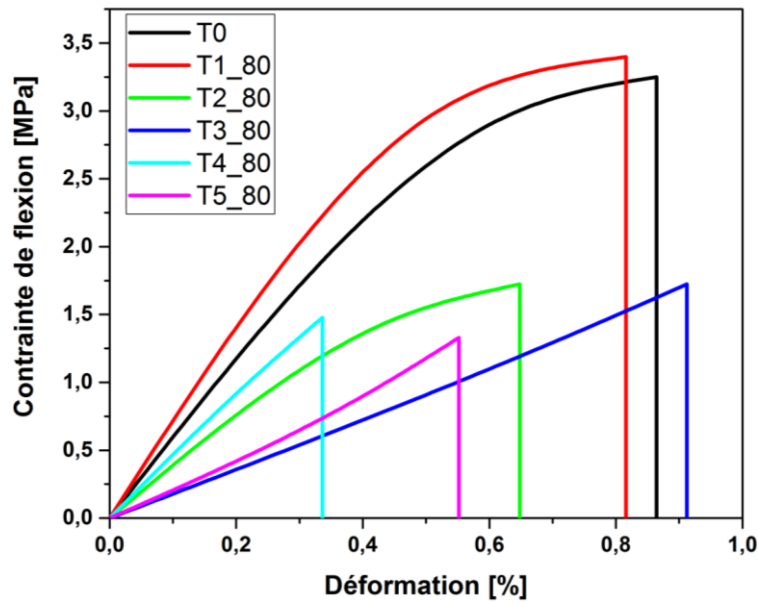


Figure III 4 : Comparaison des contraintes mécaniques en flexion 3-points pour un mortier de référence et bio-mortiers avec une dimension de grain de 80 μm et différents teneurs d'ajout.

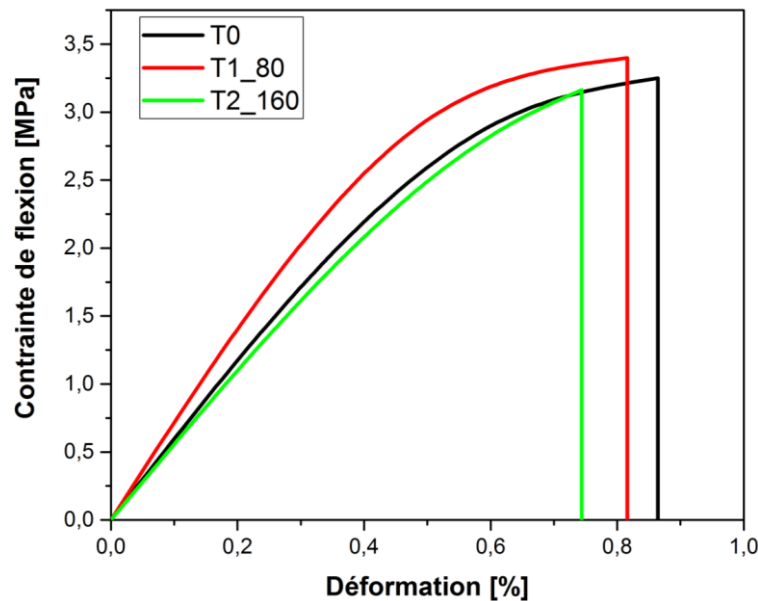


Figure III 5 : Comparaison en flexion 3-points entre un mortier de référence et bio-mortiers T1 et T2 avec une dimension de grain respectivement égale 80 et 160 μm .

La figure III.6 monte les essais de flexion avec des bio mortiers utilisent une dimension de grain de 160 μm . la valeur maximale de la contrainte égale à 3,14 MPa est observée avec le renforcement du mortier avec une teneur de 2 % (tableau III.4), cette valeur reste faible par rapport au mortier de de référence et au bio mortier avec une teneur de 1% et une dimension de grain de 80 μm .

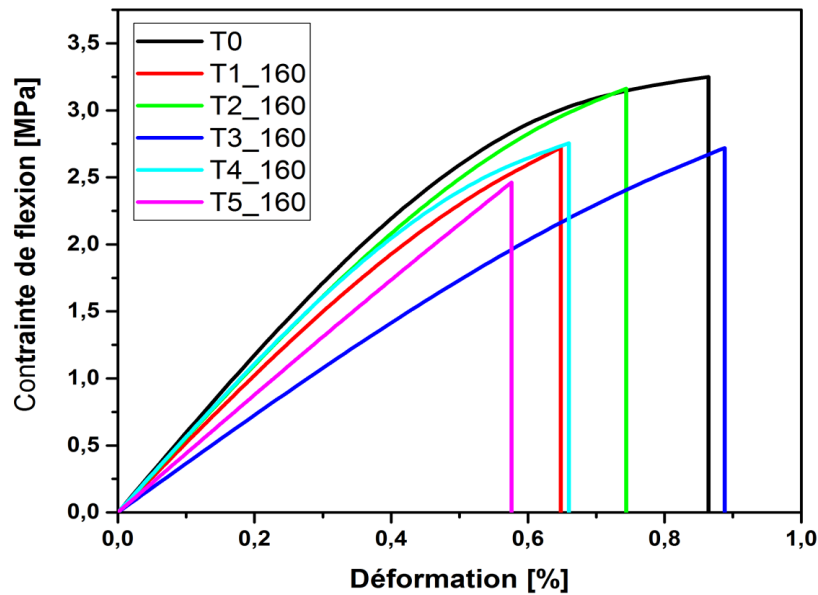


Figure III 6 : Courbes contrainte/déformation des bio-mortiers utilisés une dimension de grain de 160 μm en flexion.

La figure III.7 illustre les courbes contrainte/déformation pour les essais de compression et l'effet du renforcement de la poudre de noyau d'olive avec une dimension de grain de 80 μm dans le mortier par rapport au celle de référence. Le bio-mortier présentant la meilleure contrainte mécanique aux essais de compression, a été obtenu pour une teneur en poudre de 1 %, ce bio mortier permet d'avoir une valeur moyenne de la contrainte égale à 12,33 MPa largement supérieure à celle des autres échantillons (T2, T3, T4 et T5) et entraînant ainsi une augmentation d'environ 9 % par rapport au mortier de référence (T0).

Une comparaison de point de vue dimension de grain de la poudre de noyau d'olive a été utilisée dans le renforcement du bio mortier (Figure III.8). Les résultats obtenus montrent que le bio mortier renforcé avec 1 % par une dimension de grain de 80 μm possède la meilleure valeur moyenne de la contrainte en compression par rapport à celles au mortier de référence et au bio mortier renforcé avec 2 % par une dimension de grain de 160 μm , et sa valeur maximale moyenne égale à 10,81 MPa.

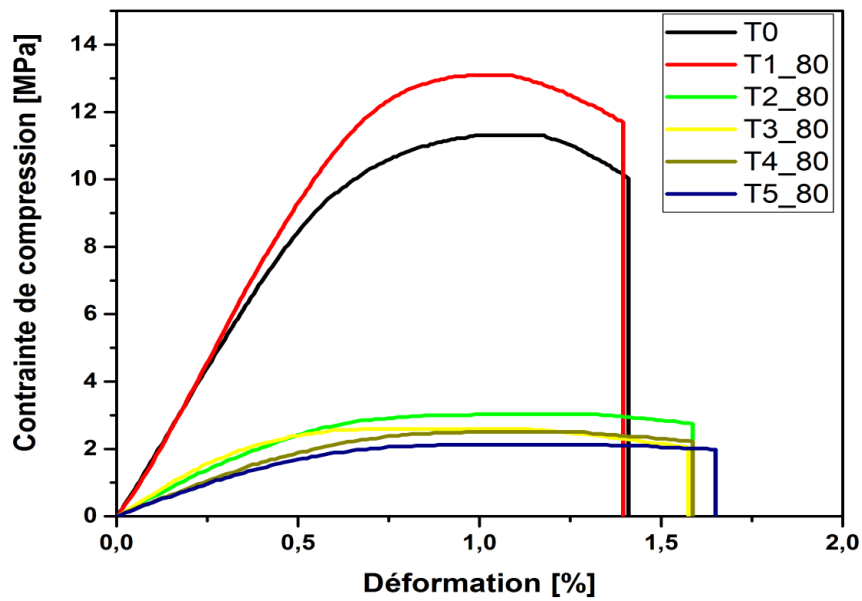


Figure III 7 : Essai de compression des bio-mortiers à différentes teneurs d'ajout avec dimension du grain 80 µm.

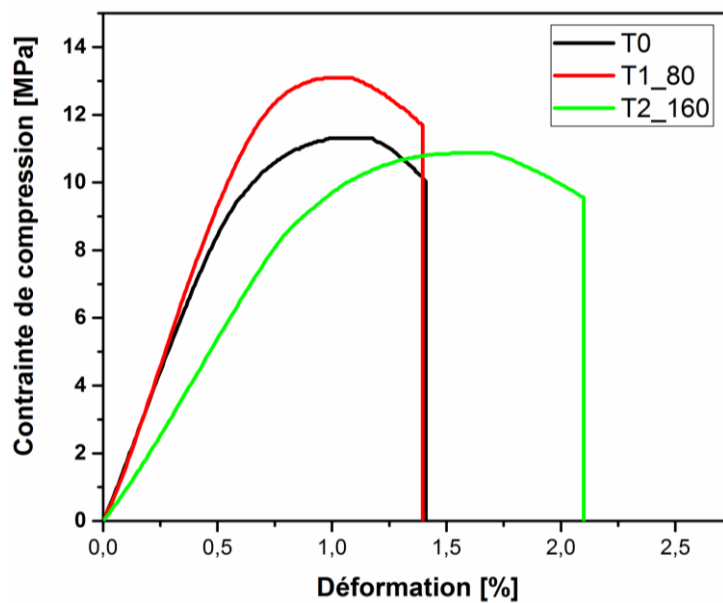


Figure III 8 : Comparaison entre deux bio-mortiers utilisés de dimension de grain différent par rapport au mortier de référence en compression.

Selon la figure III.9 il est possible d'observer qu'une augmentation de la teneur en poudre de noyau d'olive dans le bio-mortier favorise des déformations plus importantes (ductilité plus élevée des éprouvettes) contrairement au comportement fragile observé dans le mortier de référence.

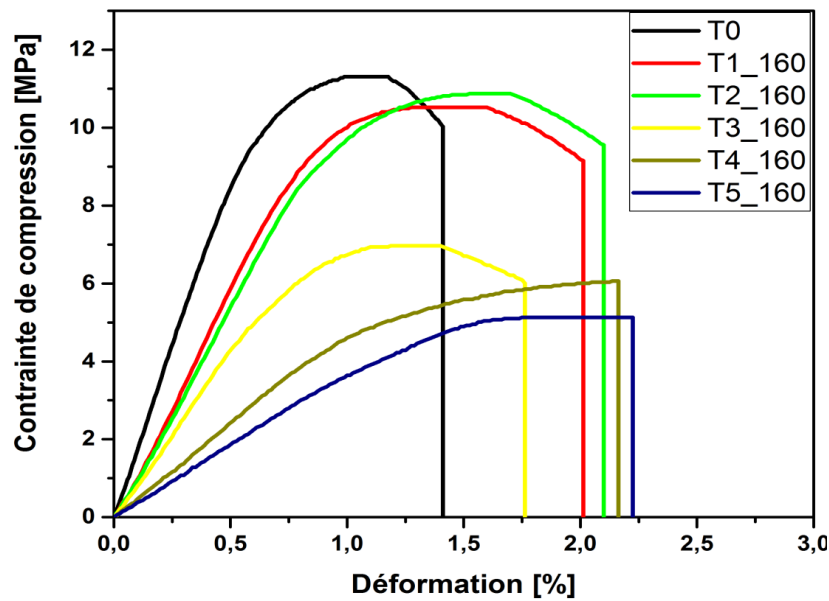


Figure III 9 : Tests de compression des bio-mortiers à différentes teneurs d'ajout avec dimension du grain 160 μm .

III.5 Conclusion

Le présent chapitre met l'accent sur les résultats expérimentaux obtenus lors de l'essai mécanique de flexion 3-points et de compression des échantillons en bio-mortiers élaborés et renforcés de poudre de noyau d'olive avec deux dimensions de grain différents. Ces résultats montrent que l'incorporation de la poudre de noyau d'olive par des pourcentages bien déterminés dans le mortier peut améliorer de manière assez significative la contrainte soit en flexion ou en compression. Les meilleures valeurs expérimentales de cette contrainte par rapport au mortier de référence sont respectivement égales à 3,39 MPa, 3,29 MPa pour l'essai de flexion 3-points et 12,33 MPa, 11,31 MPa pour l'essai de compression.

Conclusion générale

L'investigation expérimentale réalisée dans ce travail de mémoire avait pour objectif le développement des nouveaux bio composites à matrice cimentaire renforcés par la poudre de noyau d'olive. La mise en évidence de la caractérisation physicochimique du matériau utilisé à savoir : ciment, sable et poudre de noyau d'olive a été examinée par la masse volumique et d'analyse granulométrique. L'élaboration des bio-mortiers à matrice cimentaire renforcés par la poudre de noyau d'olive a été l'objectif principal dans ce travail, un travail expérimental établi en utilisant des essais mécaniques afin d'identifier le comportement mécanique des échantillons en bio-mortiers

Les analyses de caractérisations menées dans ce travail ont achevé à des principales conclusions sont comme suit :

- La méthode d'Archimède a été utilisée pour la mesure de la masse volumique. La densité du poudre noyau d'olive est estimée 1.350 g/cm^3 elle est strictement inférieure au ciment $3,016 \text{ g/cm}^3$ et inférieure à ce de sable $2,640 \text{ g/cm}^3$, ce qui avantageait l'utilisation des fibres végétales comme élément d'allègement des structures en bio composite ;
- Les résultats de l'analyse granulométrique du sable de la poudre de noyau d'olive ont été utilisés, montre que le matériau est propre à faibles proportions des particules fines convenant parfaitement pour les mortiers de haute qualité.
- Lors de l'essai de flexion 3-points, les résultats expérimentaux moyens obtenus montrent que l'ajout de la poudre de noyau d'olive peut améliorer de manière assez significative la contrainte mécanique du bio-mortier par rapport au mortier de référence T0. Le bio-mortier présentant la meilleure contrainte mécanique a été obtenu pour un pourcentage en poudre de 1 et avec une dimension de grain de 80, la valeur moyenne de la contraintes en flexion est d'environ $3,39 \text{ MPa}$ par rapport au mortier non renforcé $3,29 \text{ MPa}$ qui peut donner une augmentation de $3,03 \%$;
- L'essai de compression a été choisi afin de déterminer la contrainte mécanique des échantillons en bio-mortiers renforcés par des pourcentages de 1 jusqu'à 5 % de poudre. Le bio-mortier présentant la meilleure contrainte mécanique a été obtenu pour un pourcentage en poudre de 1 %, et une dimension de grain $80 \mu\text{m}$, ce test

Conclusion générale

entraînent une valeur moyenne de la contrainte au bio-mortier et au mortier non renforcé respectivement égale à 12,33 MPa et 11,31 MPa, ce qui montre une augmentation de 9,01 %;

Références

- [1] Yahiaoui Lamia, « caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales Diss », mémoire magister, option mécanique appliquée, université de Sétif, 2011.
- [2]-Moktari Abdessamed, « influence des ajouts de fins minérales sur les performances mécaniques des bétons renforcé de fibre végétales de palmier dattier », Université de Kasdi Merbah Ouargla option génie civil, novembre 2006.
- [3] Laurent Gornet, «Généralités sur les matériaux composites»,
- [4] Moukhtaria bdessamed, «Influence des ajouts de fines minérales sur les Performances Mécaniques des Bétons Renforcés de Fibres Végétales de Palmier Dattier », Université de Kasdi Marbah-Ouargla 2006.
- [5] Yahiaoui Lamia, « Caractérisation d'un composite à la rupture à base des fibres végétales (Diss) », mémoire magister, université FERHAT ABBAS-Stif 2011
- [6] Mwaikambo LY, député d'Ansell. Modification chimique du chanvre, du sisal, du jute et fibres de kapok par alcalinisation. J ApplPolymSci 2002; 84: 2222-34.
- [7] P.R. Blankenhorn, M.R. Silsbee, B.D. Blankenhorn et M. Dicola, "Temperature and moisture effect on selected properties of wood fiber-cement composites", Cement and Concrete Research, 1999, Vol. 29, pp. 737-741
- [8] CARMA, « Glossaire des matériaux composites renforcés des fibres d'origine renouvelable », centre d'animation régional en matériaux avancés, Décembre 2006
- [9] CARMA, « Glossaire des matériaux composites renforcés des fibres d'origine renouvelable », centre d'animation régional en matériaux avancés.
- [10] Baali Hafida, « étude de l'effet du traitement chimique des fibres de palmier dattier sur le comportement mécanique du béton polymère », mémoire master, université de M'sila, juin 2014.
- [11] Daghefel Azzedine, « Étude du comportement à la rupture du béton polymère renforcé par des fibres végétales », mémoire master, université de M'sila, juin 2012.
- [12] R. Ntenga, "Modélisation multi-échelle et caractérisation de l'anisotropie élastique de fibres végétales pour le renforcement de matériaux composites," thèse de doctorat, Université de Yaoundé I (UYI), Cameroun, 2007.
- [13] K. Almi, "Développement et caractérisation de matériaux à base du bois de palmier dattier adaptés aux applications de développement durable en Algérie," thèse de doctorat en Sciences ; Université de Biskra, Algérie, 2018.
- [14] Y. Djebbloun, "Contribution à la caractérisation des matériaux composites renforcés de fibres végétales," thèse de doctorat en Sciences, Université de Biskra, Algérie. 2018.
- [15] Zahra, Siouda, & Ouarda, Lalami (2020). Etude des différentes techniques culturelles pratiquées aux vergers d'olivier (*Olea europaea*) dans la région semi-aride, Wilaya de Bordj-Bou-Arredj (Doctoral dissertation).

- [16] Verdier, E. (2003). L'Huile d'olive : son intérêt nutritionnel, ses utilisations en pharmacie et en cosmétique. (Thèse de doctorat). Université Henri Poincaré-Nancy 1.
- [17] Mahbouli, A. (1974). L'économie oléicole dans le Bassin méditerranéen. L'olivier. Paris : CIHEAM, p. 39-43.
- [18] Maillard, P. (1975) L'olivier. Comité technique de l'olivier section spécialisée de l'INVFLEC. Paris, 137 p.
- [19] DSASI, (2014). Série B, direction des statistiques agricoles et des systèmes d'information. Ministère de l'Agriculture, de Développement Rural
- [20] ITAFV, (2008). L'oléiculture en Algérie "Situation actuelle de l'oléiculture en Algérie"
- [21] Amouretti. (1985). Plant Pathology, Elsevier (San Diego,), pp. 506
- [22] Loussert R et Brousse E., 1978. L'olivier. Ed. maisonneuve et Lose, Paris.464 p.
- [23] ITAF, 2013 - la culture de l'olivier. DFRV 2013. Tesla El Merdja. Birtouta. Alger.
- [24] R. LOUSSERI et G. BROUSSE, "L'olivier Ed. Maisonneuve et Larose – Paris, 1978.
- [25] www.fao.org (Nombreux auteurs), Utilisation des sous-produits dans l'olivier en alimentation animale dans le bassin méditerranéen. 2005-2006.
- [26] P. KARLSON, "Biochimie ", 2^{ème} Edition, 1971.
- [27] J.RODIER, "L'analyse de l'eau ". 8^{ème} Edition Dumond, Paris, France, 1996.
- [28] A.NEFZAOUI, Valorisation des grignons d'olives en alimentation animale". Laboratoire Nutrition Animale (INRA), Tunisie, 1996.
- [29] Recherche Google. «Noyau d'olive", <http://fr.wikipédia.org/wiki/olive.html>, 25 mars 2008.