



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



***Université KasdiMerbah 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 :

HALASSA Yousri

&

TATI Mohammad Lamine

THÈME

**Etude statistique des propriétés mécaniques d'un
matériau de déchet agricole**

Soutenue publiquement le 11/06/2022

Devant le jury :

AMEUR Toufik

KHETTABI Rym

BOUHEMAME Nasser

MCA Université KM Ouargla

MAA Université KM Ouargla

MCB Université KM Ouargla

Président

Examinatrice

Promoteur

ANNÉE UNIVERSITAIRE : 2021/2022

Remerciements

Tout d'abord, je remercie le bon dieu, le clément et miséricordieux qui m'a donnée du courage et la patience pour réaliser ce modeste travail.

J'adresse également mon vif remerciement à :

Mes chère parents pour l'affection et le soutien morale durant mes années d'études et pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué ; avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard, pour le sens du devoir qu'ils m'ont enseigné depuis notre enfance.

<<Que dieu nous les gardes>>

Mon encadreur BOUHEMAME Nasser et pour ses aides précieux êtas coopération le long de cette période.

Ainsi que toutes personnes ayant de près ou de contribuées à l'élaboration de ce présent mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude. Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.

A tout ma famille pour l'amour et le respect qu'ils m'ont toujours accordé. Je n'oublierai pas d'associer dans mes remerciements mes collègues, les plus chers, Je leur souhaite tout le succès et tout le bonheur âmes amis et mes camarades Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire jusqu'à l'université.

Sommaire

| | |
|--|----------|
| Introduction générale | 2 |
| Chapitre I : | |
| Généralité sur les fibres végétales | |
| Introduction..... | 5 |
| I.1 Fibres végétales..... | 5 |
| I .1.1 Définition de la fibre végétale | 5 |
| I .1.2 Classification des fibres végétales | 5 |
| ➤ suivant l'organe de la plante | 5 |
| ➤ Suivant leur teneur en holocellulose et en lignine | 5 |
| ➤ Suivant leur longueur | 5 |
| I.1.3 Présentation de quelques fibres végétales | 6 |
| ➤ Le coton | 6 |
| ➤ Le lin | 7 |
| ➤ Le chanvre | 9 |
| ➤ Autres fibres naturelles | 10 |
| I .1.4 Morphologie de la fibre végétale | 10 |
| I .1.5 Structure de la fibre végétale | 12 |
| I .1.6 Composition chimique des fibres végétales..... | 13 |
| I .1.6.1 Cellulose | 14 |
| I .1.6.2 Hémicelluloses..... | 15 |
| I .1.6.3 Lignines..... | 16 |
| I .1.6.4 Pectines | 17 |
| I .1.7 Propriétés mécaniques de la fibre végétale | 17 |
| I I.2 Généralités sur l'olivier..... | 19 |
| I .2.1 Taxonomie et origine génétique | 20 |
| I .2.2 Description de la plante de l'olivier..... | 21 |
| ➤ I .2.2.1 Les feuilles | 21 |
| ➤ I .2.2.2 Le tronc..... | 22 |
| ➤ I .2.2.3 Les racines | 23 |
| ➤ I .2.2.4 Les fleurs..... | 23 |

| | |
|---|-----------|
| ➤ I .2.2.5 Le fruit ou olives | 24 |
| ➤ I .2.2.6 Son bois | 25 |
| ➤ I .2.2.7 Son écorce | 25 |
| ➤ I .2.2.8 Ses rameaux..... | 25 |
| I.2.3 Composition chimique de l'olive | 25 |
| I.3 Déchets d'olives..... | 26 |
| I .3.1 Grignons d'olive..... | 26 |
| I .3.2 Caractéristiques physiques..... | 26 |
| I .3.3 Caractéristiques chimiques | 27 |
| ➤ la cellulose brute | 28 |
| ➤ Les lignines | 28 |
| ➤ Les matières azotées totales | 28 |
| ➤ Les lipides | 28 |
| ➤ Matières minérales (cendres)..... | 28 |
| I .3.4 Noyau d'olive..... | 28 |
| I .4 Importance de l'olivier en Algérie | 29 |
| I .3.6 Industries du noyau d'olive | 30 |
| Conclusion | 31 |
| Chapitre II | |
| Protocole expérimentale | |
| Introduction..... | 33 |
| II .1 Matériaux | 33 |
| II.1.1 Prélèvement les noyaux d'olive..... | 34 |
| II .1.2 Nettoyage | 34 |
| II .1.3 Broyage..... | 35 |
| II .1.4 Taillage..... | 35 |
| II .2 Masse volumique | 36 |
| II.3 Essai de compression | 37 |
| II .3.1 Machine d'essai | 37 |
| II.4 Analyse statistique | 40 |
| II .4.1 Aspect statistique | 40 |
| II .4.2 Analyse statistique | 40 |
| II .4.3 Distribution statistique de Weibull | 41 |

| | |
|-------------------------|-----------|
| Conclusion | 42 |
|-------------------------|-----------|

Chapitre III

Résultats et discussion

| | |
|--------------------------|-----------|
| Introduction..... | 44 |
|--------------------------|-----------|

| | |
|------------------------------------|-----------|
| III.1 Masse volumique | 44 |
|------------------------------------|-----------|

| | |
|---|-----------|
| III.2 Caractérisation en compression | 44 |
|---|-----------|

| | |
|--|-----------|
| III.3.1 Influence de la vitesse d'essai | 48 |
|--|-----------|

| | |
|---------------------------------------|-----------|
| III.4 Analyse statistique..... | 50 |
|---------------------------------------|-----------|

| | |
|-------------------------|-----------|
| Conclusion | 52 |
|-------------------------|-----------|

| | |
|----------------------------------|-----------|
| Conclusion générale | 55 |
|----------------------------------|-----------|

Références

Liste de figure

| | |
|---|----|
| Figure I.1 :Champ de coton et Fleur de coton. | 6 |
| Figure I.2 :a) Fruit du coton ouvert et b) Fruit de coton sectionné. On observe l'émergence des fibres sur le tégument des graines. | 7 |
| Figure I.3 :Champ et fleurs de lin..... | 8 |
| Figure I.4 :Plants de chanvre. | 9 |
| Figure I.5 :Laine de chanvre pour isolation du bâtiment..... | 10 |
| Figure I.6 :Variation du diamètre le long de la fibre de lin | 11 |
| Figure I.7 :Schéma multi-échelles d'un bois tempéré..... | 13 |
| Figure I.8 :Représentation schématique d'une fibre de bois | 14 |
| Figure I.9 :Représentation de la chaîne de cellulose | 14 |
| Figure I.9 :Principaux glucides constituant les hémicelluloses | 16 |
| Figure I.10 :Motifs élémentaires de la lignine..... | 16 |
| Figure I.11 :structure de la pectine | 17 |
| Figure I.11 :Exemple de défaut structural sur une fibre de lin | 18 |
| Figure I.12 : Arbre d'olivier. | 20 |
| Figure I.13 :schéma feuille d'olivier. | 21 |
| Figure I.14 :Les feuilles d'olivier | 22 |
| Figure I.15 :Pièce florale. | 24 |
| Figure I.16 : Schéma fruit d'olivier | 24 |
| Figure II.1. :a) arbre d'olive, b) fleurs et c) olives et noyaux..... | 34 |
| Figure II.2: a) Nettoyage et b) Séchage des noyaux..... | 34 |
| Figure II.3: Mouture du noyau d'olive a)broyeur de type YUNINLI 400get | 35 |
| b) Mouture du grain d'olive..... | 35 |
| Figure II.4: préparation des éprouvettes de compression : | 36 |
| a) meuleuse et b) noyaux tailles..... | 36 |
| Figure II.5: Test de densité de grain d'olive : | 36 |
| a) poudre, b) balance électronique et c) pycnomètre | 36 |
| Figure II.6: Essai de compression pour le noyau d'olive pour : | 39 |
| a) machine hydraulique d'essai universelle WP 310 et b) Eprouvette en compression | 39 |

| | |
|--|-----------|
| Figure III.1 : Essai décompression sur les noyaux d'olive à différents vitesse de chargement : a) Vitesse d'essai 1 mm/min | 46 |
| Figure III.2 : Essai décompression sur les noyaux d'olive à différents vitesse de chargement : b) Vitesse d'essai 2 mm/min..... | 46 |
| Figure III.3 : Essai décompression sur les noyaux d'olive à différents vitesse de chargement : c) Vitesse d'essai 3 mm/min..... | 47 |
| Figure III.4 :courbes types contrainte-déformation à différentes vitesse de chargement..... | 47 |
| Figure III.5 :Courbe contrainte en fonction de diamètre de noyau d'olive..... | 48 |
| Figure III.6 :Distributions de Weibull à deux paramètres pour la probabilité de survie du noyau d'olive correspondant à :a) Contrainte à la compression | 51 |
| Figure III.7 :Distributions de Weibull à deux paramètres pour la probabilité de survie du noyau d'olive correspondant à :b) Déformation à la rupture | 51 |
| Figure III.8 :Distributions de Weibull à deux paramètres pour la probabilité de survie du noyau d'olive correspondant : c) Module de Young | 51 |

Liste de tableaux

| | |
|--|-----------|
| Tableau I.2 Propriétés morphologiques de quelques fibres végétales..... | 12 |
| Tableau I.3 :Composition chimique de quelques plantes..... | 15 |
| Tableau I.4 :Propriétés mécaniques des fibres naturelles en comparaison avec des fibres de renforcement conventionnelles | 19 |
| Tableau I.6 :Composition chimique des composants de l'olive mure. | 26 |
| Tableau 1.7 :Composition chimiques des différents types de grignons[30]. | 27 |
| Tableau I.8 :Nombre d'oliviers en Algérie | 29 |
| Figure I.17 :a), le mortier Mixxol est composé de 49% de noyaux d'olive et | 30 |
| b) Un cosmétique à base de noyau d'olive. | 30 |
| Tableau III.1 :Variation des valeurs moyennes des propriétés mécaniques des noyaux d'olive avec l'augmentation de la vitesse d'essai des échantillons testés..... | 49 |

Résumé :

A travers ce mémoire, nous avons pu valoriser les rejets agricoles des noyaux d'olives par une caractérisation en compression et évaluer ces propriétés mécaniques (contrainte, déformation à la rupture et module de Young) pour chercher à intégrer des nouveaux matériaux écologiques et biodégradables afin de substituer les fibres synthétiques notamment les fibres de verre. En premier lieu nous avons présentés le matériau utilisé de façon détaillée, les différentes techniques expérimentales et conditions d'essais utilisées. En second avait comme but l'étude des propriétés mécaniques en compression et mettre en évidence l'effet de la vitesse de chargement des noyaux sur ces propriétés. En raison des dispersions des résultats expérimentaux obtenus, une étude statistique basée sur la méthode de Weibull à deux paramètres a été utilisée dans le but d'évaluer correctement les caractéristiques mécaniques des noyaux d'olive étudiés. D'autre part, la comparaison a montré que des valeurs expérimentales acquises en compression sont très proches des valeurs moyennes obtenues avec la distribution statistique proposée.

Mots clés : Essi de compression, distribution de weibull, Noyau d'olive

ملخص

من خلال هذه المذكرة ، تمكنا من تقييم مخلفات الزراعية لنواة الزيتون من خلال توصيف الانضغاط وتقييم هذه الخصائص الميكانيكية (الإجهاد والتشوه عند الكسر ومعامل يونغ) للسعي لدمج مواد بيئية جديدة وقابلة للتحلل من أجل استبدال الألياف الاصطناعية ، وخاصة الألياف الزجاجية. أولاً ، قدمنا المادة المستخدمة بالتفصيل ، والتقنيات التجريبية المختلفة وظروف الاختبار المستخدمة. والثاني دراسة الخواص الميكانيكية في الانضغاط وإبراز تأثير معدل تحميل النوى على هذه الخواص. بسبب تشتت النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها .

تم استخدام دراسة احصائية تعتمد على قانون weibull ذات المعاملين بهدف تقييم الخصائص الميكانيكية لنواة الزيتون المدروسة بشكل صحيح . من ناحية اخرى ، أظهرت المقارنة أن القيم التجريبية المكتسبة في الضغط قريبة جدا من متوسط القيم التي تم الحصول عليها بالتوزيع الإحصائي المقترح.

كلمات مفتاحية: تجربة الضغط ، التوزيع الإحصائي ل weibull ، نواة الزيتون.

Introduction générale

Introduction générale

Le marché des fibres naturelles est en pleine expansion avec de nombreux débouchés industriels. Parmi ces marchés naissants, l'intégration des fibres végétales dans les matériaux composites qui représentent aujourd'hui dans le monde quelques dizaines de milliers de tonnes (avec une croissance de 10 à 15% par an), à comparer aux 2 millions de tonnes de fibres principalement des fibres de verre qui renforcent les composites traditionnels.

Différents types de fibres végétales sont utilisées comme renfort dans des matériaux composites, telles que le sisal, le lin, le jute, le chanvre, le alfa et d'autres fibres naturelles. Cette biomasse constitue par ailleurs une alternative intéressante pour remplacer les fibres synthétiques notamment les fibres de verre.

La biomasse est considérée comme l'une des filières d'avenir pour contribuer à réduire notre dépendance vis-à-vis des énergies fossiles. Elle joue un rôle très important dans le nouveau cadre énergétique, étant donné que les résidus sont produits en quantités relativement importantes dans le monde. L'Algérie fait partie des pays méditerranéens dont le climat est des plus propices à la culture de l'olivier. D'après les statistiques données par l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) pour l'année 2017, elle se positionne en 10^{ème} rang après l'Espagne, l'Italie, la Grèce, la Turquie, etc. La production d'olives en Algérie s'estime à 684.461 tonnes (FAO, 2017). La culture de l'olivier est consacrée à deux utilisations : production d'huile d'olive et des olives de table. Le principal déchet généré dans les deux industries est le noyau d'olive ce dernier est considéré comme un déchet agricole. La valorisation de ce déchet agricole est devenue une nécessité pour éviter une pollution de plus en plus conséquente.

Aujourd'hui la détermination des propriétés mécaniques et thermo-physiques des matériaux est un impératif primordial pour le développement du moment où ces données nous permettent de réaliser des structures qui répondent au mieux à des besoins spécifiques. C'est dans ce contexte que ce travail a été mené. Il vise à étudier les caractéristiques mécaniques des noyaux d'olive pour l'exploitation de ces potentiels agricoles en vue d'une valorisation pour des raisons économiques et écologique.

Introduction générale

L'objectif principal de ce mémoire est la caractérisation mécanique des noyaux d'olive pour ajouter de la valeur à la fibre de noyau d'olive qui est une source renouvelable locale peut être appliquée dans plusieurs domaines industriels.

Ce mémoire est divisé en trois chapitres :

Le premier chapitre présente les grandes classes des fibres végétales, ainsi que les enjeux économiques et environnementaux liés à leur utilisation dans l'industrie des composites.

Le second chapitre est consacré à la description du matériel utilisé, à savoir la machine d'essais mécaniques. Nous exposons également le matériau utilisé dans cette étude, ainsi que les différentes techniques expérimentales pour l'évaluation des propriétés physique et mécanique de la fibre utilisée.

Le dernier chapitre est consacré aux essais mécaniques de compression sont présentés et discutés, une étude statistique par analyse de Weibull à Deux est menée afin d'estimer les propriétés mécaniques à savoir la contrainte, la déformation à la rupture et le module de Young de la fibre.

Cette étude se termine par une conclusion générale qui résume Les principaux résultats obtenus.

Chapitre I :
Généralité sur les fibres végétales

Introduction

Différents types de fibres végétales sont utilisées comme renfort dans des matériaux composites, telles que le sisal, le lin, le jute, le chanvre, le alfa et d'autres fibres naturelles. Ces fibres constituent par ailleurs une alternative intéressante pour remplacer les fibres synthétiques notamment les fibres de verre.

Ce chapitre contient une revue bibliographique sur les fibres végétales, une présentation de point de vue propriétés physicochimiques et mécaniques de ces fibres, et en particulier les caractéristiques des oliviers avec leur situation en Algérie.

I.1 Fibres végétales

I.1.1 Définition de la fibre végétale

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

I.1.2 Classification des fibres végétales

Il existe plusieurs critères de différenciation des fibres :

- **suivant l'organe de la plante** : les fibres végétales peuvent être classées en fibres de tiges (Kénaf, jute, lin, ramie), et de feuilles (Sisal, abaca, paille de graminée) [2].
- **Suivant leur teneur en holocellulose et en lignine** : on peut distinguer les fibres ligneuses (dures et rigide provenant de matériels ligneux tels que le bois d'œuvre, les résidus de l'industrie du bois et les fibres non ligneuses (douces, souples, issues de végétaux non ligneux souvent annuels relativement moins riches en lignine tels que le kénaf, le chanvre, le sisal, le jute et le lin) [3].
- **Suivant leur longueur** : les fibres végétales peuvent être groupées en deux catégories fibres longues, dites libérienne, provenant des tiges et d'écorce de tiges de plantes annuelles. Elles sont douces, tandis que les fibres longues issues de

feuilles ou de troncs d'arbre sont plus dures et plus rigides à cause de leur richesse en lignine. Et fibres courtes ou étoupes qui sont associées aux fibres longues [2].

I.1.3 Présentation de quelques fibres végétales

➤ Le coton

Le cotonnier (genre *Gossypium*, famille des *Malvaceae*) est un arbuste originaire de l'Inde, cultivé dans de nombreux pays chauds pour les fibres qui entourent les graines à maturité du fruit. On dénombre une trentaine d'espèces sauvages et quatre espèces cultivées : *Gossypium arboreum*, *G. herbaceum* (coton dit indien à fibres épaisses et courtes), *G. barbadense* (coton égyptien à fibres longues et fines), *G. hirsutum* (espèce la plus couramment cultivée à fibres de taille moyenne).

Suivant les pays, la plante est plus ou moins arborescente mais c'est le cotonnier herbacé (50-60 cm) qui donne les plus belles fibres (Figure I.1a).



Figure I.1 : Champ de coton et Fleur de coton.

Les fleurs possèdent des corolles de couleur ivoire à cinq pétales. Les fruits sont des capsules ovoïdes à quatre ou cinq loges contenant chacune de six à douze graines (Figure I.1b). Les graines sont recouvertes de longs poils unicellulaires (jusqu'à trente à quarante millimètres) d'aspect soyeux qui commencent à pousser dès la fécondation et constituent les fibres de coton formées de cellulose quasiment pure. On distingue deux types de fibres : des grandes fibres (soies ou lints), et des poils plus courts (duvet ou linters). Ces fibres sont utilisées pour la fabrication de coton hydrophile, de fil ou d'étoffe.

Le cotonnier bourgeonne, porte des fleurs et des fruits en même temps, aussi la récolte dure-t-elle plusieurs mois. Une fibre a la forme d'un tube de 15 à 40 mm rattaché à la graine par un pied et de forme effilée vers son extrémité(Figure I.2).



Figure I .2 : a) Fruit du coton ouvert et b) Fruit de coton sectionné. On observe l'émergence des fibres sur le tégument des graines.

➤ **Le lin**

Le lin, *Linum* sp., famille des *Linaceae*, est une plante herbacée annuelle de régions tempérées, à croissance rapide, à fleurs bleues (Figure I.3). Parmi deux cents espèces, la plus cultivée est *Linum usitatissimum* L. (signifie "lin usuel" au superlatif). Le lin est originaire du Moyen Orient (Egypte, Perse) et s'est adapté à de nombreuses régions.



Figure I.3 : Champ et fleurs de lin.

Le lin est cultivé dans la plupart des pays tempérés ou chauds. Le climat le plus favorable est tempéré et légèrement humide. Le lin nécessite des terres riches et meubles. Il existe une centaine de variétés de lins textiles dont quatre principalement cultivées et choisies en fonction de leur productivité en fibres, maturation précoce, résistance aux maladies.

La formation des fibres se fait tout au long de la croissance de la plante en périphérie des tissus conducteurs. Une tige comporte trente à quarante faisceaux de fibres disposés longitudinalement. Un faisceau (nommé en filature "fibre technique") est composé de dix à quarante fibres, il peut renfermer une certaine proportion de lignines (2 à 5% de la matière sèche) déposées en fin de maturation essentiellement au niveau des lamelles moyennes. Chaque fibre est une seule cellule très allongée de 6 à 10 centimètres, et d'un diamètre de 7 à 40 μm , composée de 70 à 80 % de cellulose.

➤ **Le chanvre**

Le chanvre, *Cannabis sp.*, famille des *Cannabinaceae*, est une plante annuelle herbacée à feuilles palmées. *Cannabis sativa* est cultivé pour sa tige (fibre textile), ses graines (chènevis pour les oiseaux et huile). Le chanvre indien, *Cannabis indica*, est utilisé pour sa fumée hallucinogène. En fait, il s'agit seulement de deux variétés qui diffèrent par la teneur en substances psychotropes. Le principe actif est le tétrahydrocannabinol qui va de 0 à 0,2 % pour les variétés autorisées à plus de 10% pour les variétés utilisées comme drogue.



Figure I .4 : Plants de chanvre.

Le chanvre est une plante dioïque (pieds mâles et pieds femelles), cependant les agronomes ont sélectionné des variétés monoïques (fleurs mâles et femelles sur le même pied) plus faciles à cultiver. Les fibres sont situées en périphérie des tissus conducteurs de la tige, comme chez le lin, mais elles sont plus fortement lignifiées.

Actuellement, le chanvre (fibres) tente une nouvelle percée économique sous plusieurs formes manufacturées :

- La pâte à papiers spéciaux, fins et résistants, tels que le papier Bible et le papier à cigarettes.
- L'isolation : la laine de chanvre légère, économique, recyclable concurrence la fibre de verre ; les panneaux rigides sont utilisés en alternative au bois (agglomérés, bois pressés) (Figure I.5).



Figure I .5 : Laine de chanvre pour isolation du bâtiment.

➤ **Autres fibres naturelles**

D'autres fibres végétales sont utilisées par l'homme : des fibres de tiges telles la ramie, le jute, le kénaf (*Hibiscus*), le genêt, le chanvre *de Sunn*; des fibres de feuilles telles le raphia, certains palmiers, le sisal, l'abaca, l'alfa ; des fibres defruits telles le coco et le kapok.

Tableau I.1 : Présentation de quelques fibres végétales.

| Fibres de tiges | Fibres de feuilles | Fibres de fruits |
|-----------------|--------------------|------------------|
| La ramie | Paja to quilla | L'alfa |
| Le jute | Le sisal | Le phormium |
| Le kénaf | L'abaca | Le coco |
| Le raphia | Le jonc | Le Kapok |

I.1.4 Morphologie de la fibre végétale

Sur le plan morphologique, la fibre végétale présente une variabilité très importante en fonction de son origine. En effet, les dimensions des fibres végétales dépendent de l'état de maturité et aussi des conditions environnementales de croissance de la plante. La variabilité du diamètre peut être très importante le long de la même fibre végétale (Figure I.6) [4].

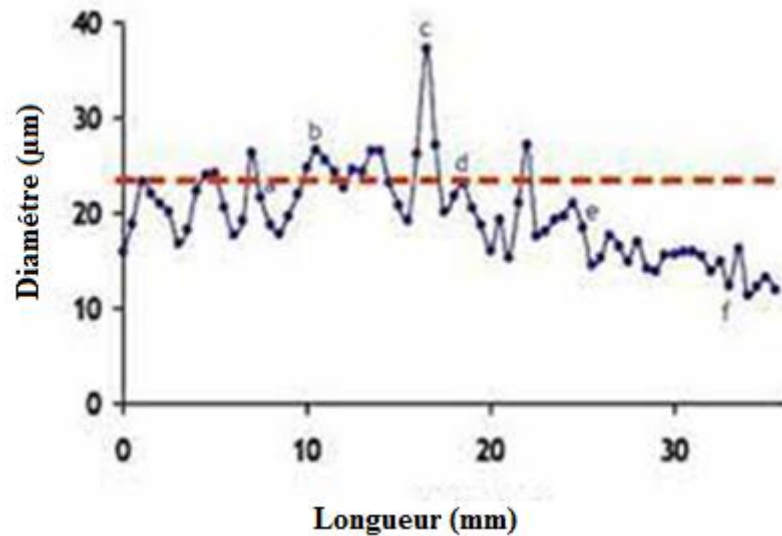


Figure I.6 : Variation du diamètre le long de la fibre de lin [8].

La fibre végétale se caractérise aussi par la variabilité de l'épaisseur de sa paroi cellulaire qui découle de celle de la porosité des fibrilles [5].

Le tableau I.2 illustre les caractéristiques morphologiques de quelques fibres végétales.

La morphologie des fibres végétales peut constituer une donnée importante pour bien appréhender les transferts de contrainte aux interfaces fibre-matrice.

D'exemple la structure torsadée d'une fibre de coton. D'autres fibres ont des morphologies, encore plus tourmentées. La géométrie des fibres végétales est donc un problème important et difficilement surmontable pour ce qui concerne la micromécanique des composites renforcée par de telles fibres [4].

Tableau I.2 : Propriétés morphologiques de quelques fibres végétales.

| Fibres | Longueur (mm) | Diamètre (μm) | Angle micro fibrillaire ($^{\circ}$) |
|---------|---------------|----------------------------|--|
| Cotton | 35 | 10-45 | - |
| Lin | 4-77 | 5-76 | 10 |
| Chanvre | 5-55 | 10-51 | 6.2 |
| Kénaif | 2.5-4.5 | 14-33 | - |
| Jute | 2.5 | 5-25 | 8 |
| coco | 3-1 | 12-24 | 45 |

I.1.5 Structure de la fibre végétale

La fibre végétale est un composite en elle-même. Le renfort est constitué par les couches de micro fibrille cellulosiques en partie cristalline. Ce dernier est enrobé d'une matrice polysaccharidique amorphe (hémicellulose et pectine) qui est associée par liaison hydrogène et covalentes à la lignine [6]. La fibre végétale est composée de plusieurs parois parallèles à l'axe de la fibre et disposée en couche superposée dans le sens radiale. Ces différentes couches qui forment la lamelle mitoyenne, la paroi primaire et la paroi secondaire. Ces dernières bordent un lumen de diamètre variable suivant l'espèce. La paroi secondaire est composée de trois couches de micro fibrilles (Figure I.7).

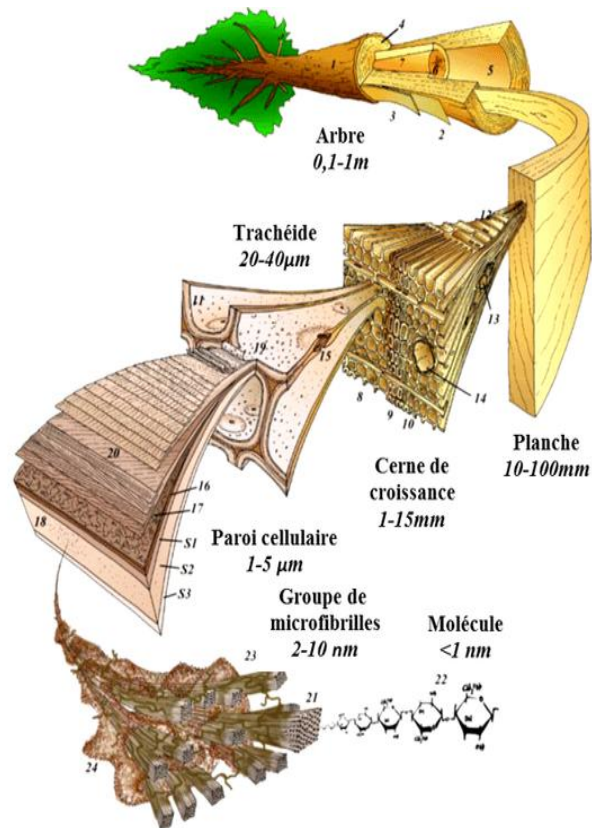


Figure I.7 : Schéma multi-échelles d'un bois tempéré [7]

Les micro fibrilles décrivent par rapport à l'axe de la fibre, un angle micro fibrillaire (MAF) dont la valeur varie d'une espèce à l'autre. L'orientation des micro fibrilles par rapport à l'axe de la cellule joue un grand rôle dans les propriétés mécaniques des parois des fibres, plus que l'angle des micro fibrilles augmente, le module de Young (une mesure de la rigidité) décroît, tandis que l'extensibilité des parois augmente [8].

I.1.6 Composition chimique des fibres végétales

La biomasse végétale est constituée de plusieurs macromolécules étroitement liées entre elles au sein de la paroi végétale. Comme nous l'avons vu précédemment les composés les plus majoritaires sont la cellulose, l'hémicellulose, les lignines et les pectines. Ces différents constituants sont agencés de manière très complexe. Dans le bois, la cellulose est concentrée à l'intérieur de la fibre (Figure I.8). Les parois extérieures de la fibre sont composées principalement de lignines et d'hémicelluloses et les lamelles de jonction inter fibres sont composées presque uniquement de lignine. Un réseau supplémentaire de pectines (polymères de polysaccharides acides) augmente la complexité de la matrice. Le réseau polysaccharidique peut également

être solidifié par un réseau secondaire de protéines HRGP (Hydrox proline Reich Glycol Protéines).

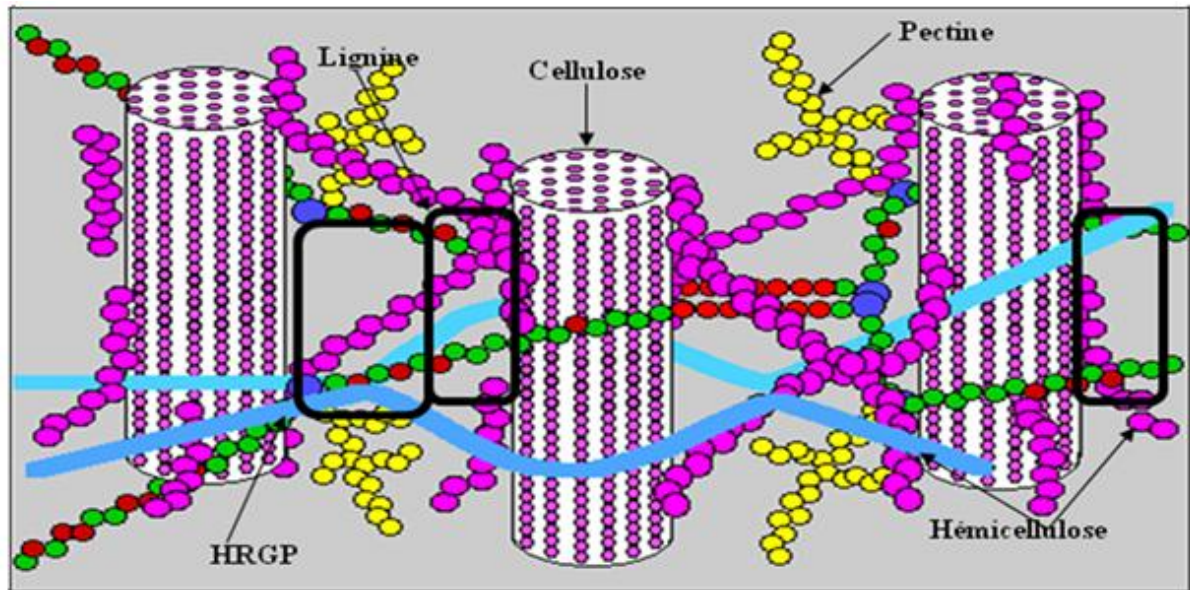


Figure I.8 : Représentation schématique d'une fibre de bois [9].

I.1.6.1 Cellulose

La cellulose représente environ 50 % de la biomasse végétale de la planète. Ce polymère naturel est le constituant majoritaire des fibres de lin, où il représente environ 75 % de la masse des fibres (Tableau I.3). La cellulose est une macromolécule composée de monomères de D-Glucose ($C_6H_{12}O_6$) liés entre eux par une liaison de type osidique en position β (1,4). La formule brute de la cellulose est $[(C_6H_{10}O_5)_2]_n$ (Figure I.9). Le motif de répétition constitué de deux glucoses est appelé Cellobiose. Les chaînes sont linéaires et non ramifiées avec un degré de polymérisation de 8000. Il existe des interactions faibles sous forme de liaisons hydrogène au sein d'une même chaîne (intra-chaîne) et entre les chaînes de cellulose voisines (inter-chaîne).

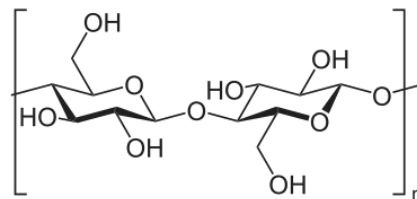


Figure I.9 : Représentation de la chaîne de cellulose [10].

Grâce à ces interactions, les chaînes macromoléculaires peuvent s'associer entre elles pour former un édifice cristallin. La cellulose existe à l'état naturel dans la biomasse sous deux formes différentes de cristal, I_α et I_β , désignées ensemble par le terme de cellulose I.

Tableau I.3 :Composition chimique de quelques plantes.

| Types de fiber | Cellulose | Hemicellulose | Lignin |
|----------------|-----------|---------------|--------|
| Cotton | 82.7 | 5.7 | - |
| Jute | 64.4 | 12.0 | 11.8 |
| Zoster | 57 | 28 | 5 |
| Ramie | 68.6 | 13.1 | 0.6 |
| Sisal | 65.8 | 12.0 | 9.9 |
| Chanvre | 57-77 | 14-17 | 9-13 |
| Kénafe (bois) | 37-49 | 18-24 | 15-21 |
| Résineux | 48.0 | 15.0 | 25.3 |

I.1.6.2 Hémicelluloses

Les Hémicelluloses regroupent des polymères hétérogènes d'oses le plus souvent amorphes, avec de faibles propriétés mécaniques. Tandis que la cellulose ne contient que des D-glucose, les hémicelluloses sont constituées de glucose, de xylose, de galactose, arabinose, mannose, etc. Ces oses qui donnent le nom aux différentes hémicelluloses comme par exemple les xyloanes, les glucomannanes et les xyloglucanes (Figure I.9).

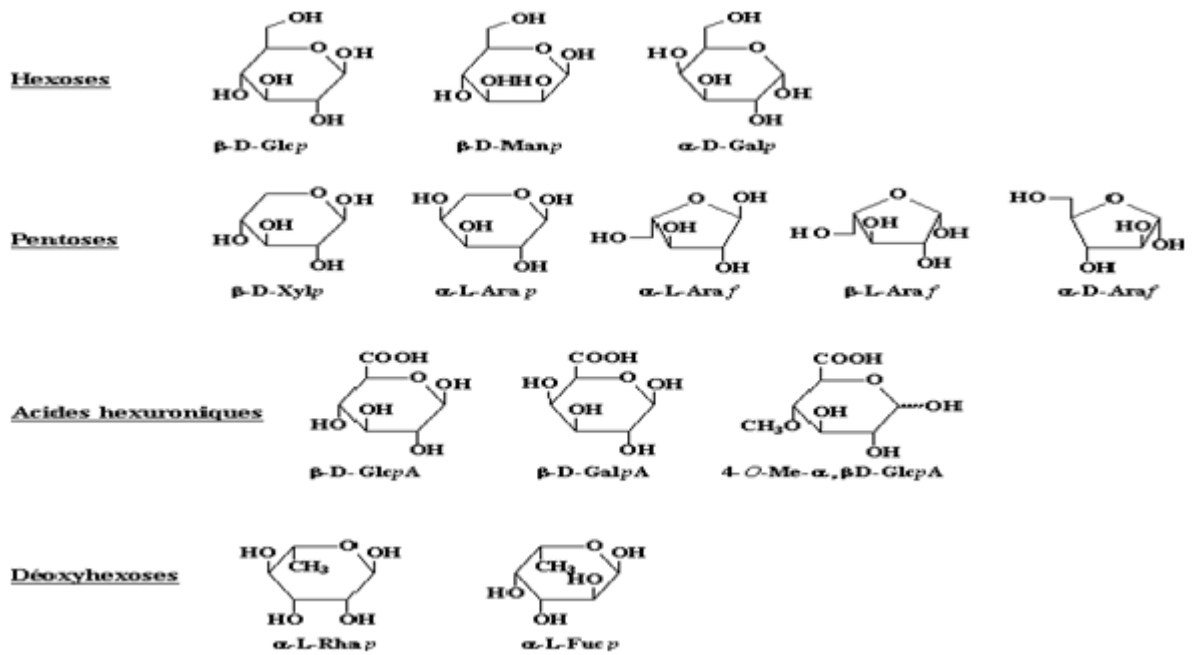


Figure I.9 :Principaux glucides constituant les hémicelluloses [11].

I.1.6.3 Lignines

Les lignines sont des polymères hydrophobes présents dans les fibres scléreuses sclérenchyme (tissu fibreux qui assure le soutien de la plante). Elles sont essentiellement situées entre les fibres dans la lamelle mitoyenne. Contrairement à d'autres fibres comme les fibres de bois, la fibrée lin en elle-même contient très peu de lignines, moins de 3%. Certains auteurs estiment que les taux de lignines sont potentiellement surestimés au vu de la méthode de mesure (Figure I.10).

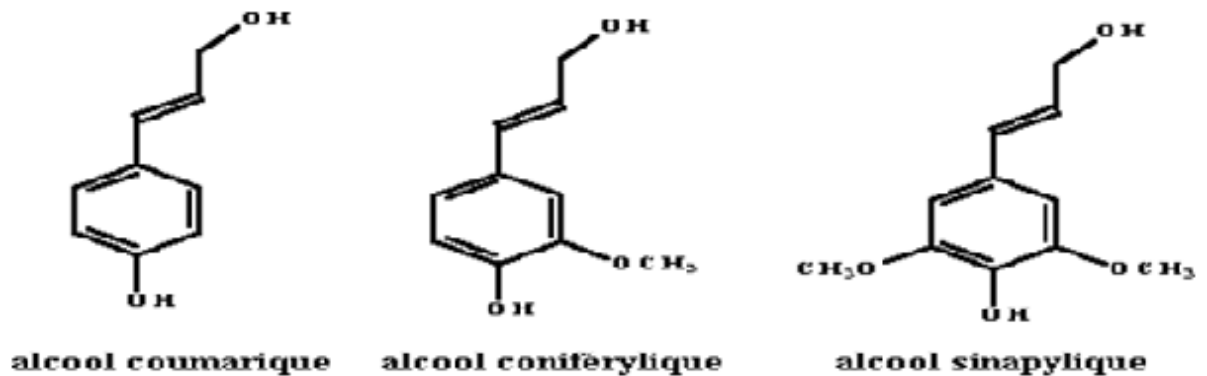


Figure I.10 : Motifs élémentaires de la lignine [9].

I.1.6.4 Pectines

Les pectines sont des polysaccharides amorphes situés à la fois en surface de fibre (lamelle mitoyenne) où elles assurent la cohésion avec les fibres voisines, mais également dans les parois primaire et secondaire de la fibre [12]. Les trois principales pectines sont les homogalacturonanes (HG), les rhamnogalacturonanes-I (RG-I) et les rhamnogalacturonanes-II (RG-II).

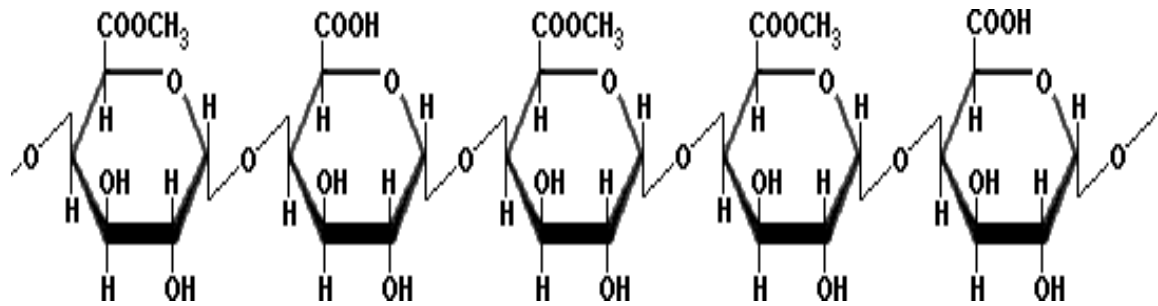


Figure I.11 : structure de la pectine [12].

I.1.7 Propriétés mécaniques de la fibre végétale

Il est très difficile de présenter un tableau qui répertorie toutes les propriétés des fibres lignocellulosiques. La grande variabilité constitutive et anatomique de la fibre végétale implique une variabilité de leurs propriétés mécaniques.

La faiblesse de la masse volumique des fibres végétales (1,2 à 1,5 g/cm³) confère à ces matériaux des propriétés mécaniques spécifiques intéressantes. Les fibres longues ont des contraintes en traction plus faibles que les fibres courtes, du fait que les premières ont de plus grandes probabilités de contenir des défauts de déformation.

La cellulose cristalline est l'un des polymères ayant un module d'élasticité relativement plus élevé (90-137 GPa), comparé à celui de la fibre de verre qui est de 75 GPa. Ainsi un index de cristallinité de la cellulose d'une fibre élevée est indicateur de propriétés mécaniques élevées.

Les fréquents défauts structuraux (Figure I.11) observés de la surface des fibres sont des conséquences de la grande variabilité de morphologie, de composition chimique, de structure et de comportement mécanique spécifique de ces fibres.

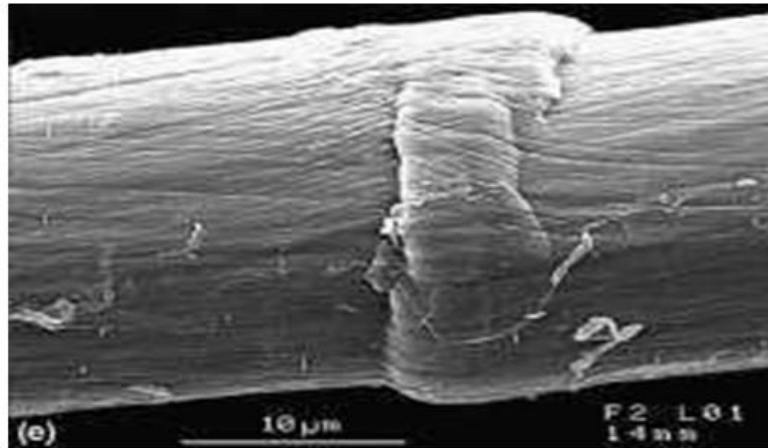


Figure I.11 : Exemple de défaut structural sur une fibre de lin [2].

L'angle micro fibrillaire explique en partie la déformation élastique de la fibre végétale et dès lors son allongement à la rupture en traction. En effet, sous l'action de forces de traction relativement faibles, la fibre lignocellulosique subit une déformation réversible du fait de l'alignement progressif des microfibrilles cellulose avec l'axe de la fibre et une déformation élasto-viscoplastique des polymères amorphes [2].

Si la sollicitation de la fibre est plus forte, la déformation de celle-ci entre dans une phase irréversible qui peut se poursuivre jusqu'à la rupture. Un angle micro fibrillaire élevé suppose une déformation élastique plus importante pour une sollicitation de la fibre en traction faible.

Le tableau.4 Présente les propriétés mécaniques des fibres naturelles en comparaison avec certaines fibres de renforcement conventionnelles.

Tableau I.4 : Propriétés mécaniques des fibres naturelles en comparaison avec des fibres de renforcement conventionnelles [13].

| Fibre | Densité (g/cm ³) | Allongement(%) | Résistance à la traction(MPa) | Module de Young (GPa) |
|---------|------------------------------|----------------|-------------------------------|-----------------------|
| Coton | 1.5-1.6 | 7-8 | 287-597 | 5.8-12.6 |
| Jute | 1.3 | 1.5-1.8 | 393-773 | 26.5 |
| Lin | 1.5 | 2.7-3.2 | 345-1035 | 27.6 |
| Chanvre | - | 1.6 | 690 | - |
| Ramie | - | 3.6-3.8 | 400-938 | 61.4-128 |
| Sisal | 1.5 | 2-2.5 | 511-635 | 6.4-22.0 |
| Coco | 1.2 | 30.0 | 175 | 4.0-6.0 |
| Verre E | 2.5 | 2.5 | 2000-3500 | 70.0 |
| Verre S | 2.5 | 2.8 | 4570 | 86.0 |
| Aramide | 1.4 | 3.3-3.7 | 3000-3150 | 63.0-67.0 |
| Carbone | 1.4 | 1.4-1.8 | 4000 | 230.0-240.0 |

I.2 Généralités sur l'olivier

L'Olivier est un arbre vigoureux qui peut atteindre non taillé 10 à 15 m de hauteur (Figure I.12). 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 [14].

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 dimension 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 [14].



Figure I.12 : Arbre d'olivier

L'olivier est considéré comme l'une des matières renouvelables, car il est produit en abondance en Algérie par environ 40 millions d'arbres, et chaque année de gros déchets de feuilles d'olivier et de restes d'âge de l'olive, de branches et de noyaux d'olives sont produits.... etc.

I.2.1 Taxonomie et origine génétique

L'Olivier appartient à la famille des Oléacées qui comprend 20 à 29 genres, selon la classification de [14], et de 30 genres et 60 espèces.

Le genre *OLE* contient diverses espèces et sous-espèces (30 espèces réparties dans le monde entier) qui sont toutes originaires de régions où les conditions de croissance sont relativement difficiles.

La plupart des espèces sont soit des arbustes ou des arbres. La seule espèce portant des fruits comestibles est *Olea europaea*, à laquelle appartient l'olivier domestique qui était désigné sous le nom *Olea europaea var communis*, avec quelques subdivisions établies en fonction de la forme des feuilles et des fruits. La sous espèce *Communis* diffère de la sous-espèce *Oleaster* à laquelle appartient des oliviers sauvages.

La classification botanique de l'olivier selon [15], est la suivante :

- Embranchement : Spermaphytes
- Classe : *Dicotylédones*
- Ordre : *Lamiales*
- Famille : *Oléacées*
- Espèce : *Oléa européa*

I.2.2 Description de la plante de l'olivier

➤ I.2.2.1 Les feuilles

Quelle que soit la saison, l'olivier est toujours vert. C'est un arbre à feuilles persistantes. L'ensemble des feuilles, la frondaison, est porté par des rameaux issus d'une charpente de branches partant du tronc. Les feuilles sont simples, lisses, coriaces, lancéolées, pointues. La face supérieure de couleur vert foncé est luisante, la face inférieure, recouverte de poils, présente une couleur cendrée plus ou moins blanche selon les variétés (Figure I.13).

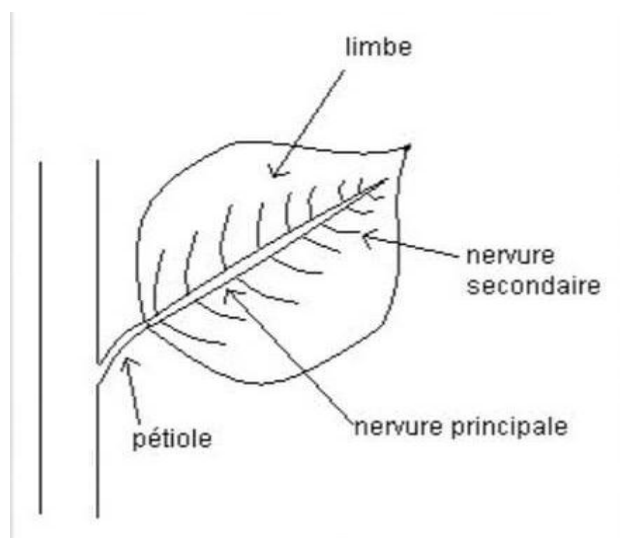


Figure I.13 :schéma feuille d'olivier.

Leur durée de vie est de trois ans, c'est pourquoi la perte des feuilles, ou défoliation, se fait par tiers de frondaison.

La feuille de l'olivier a son propre système de protection contre la chaleur de l'été. La face supérieure vert sombre exposée au soleil est recouverte d'une pellicule vernissée à travers laquelle l'eau peut s'échapper. L'évaporation se fait par l'autre face où se trouvent les stomates, organes constitués d'orifices microscopiques, qui composent l'épiderme de la feuille et les minuscules poils qui les recouvrent. Lorsque l'air est humide, les poils se soulèvent et libèrent de la vapeur d'eau. Lorsque l'air est sec, les poils se plaquent, bouchant l'ouverture des stomates, empêchant ainsi toute transpiration.



Figure I.14 : Les feuilles d'olivier.

Les feuilles présentent des bords révolutes, c'est-à-dire roulés en dehors et en dessous. Seules les nervures principales sont bien visibles.

➤ I.2.2.2 Le tronc

Le tronc d'un olivier jeune est droit, cylindrique et lisse. Son écorce mince est d'un gris verdâtre. En vieillissant, le tronc se déforme. Il se vrille et se crevasse. Parfois même son intérieur pourrit et disparaît. L'écorce vire au gris cendré presque noir, se couvre parfois de mousse, de lichen ou de champignons. De nos jours, l'olivier se multiplie par boutures, ce qui assure une reproduction fidèle de la variété. On trouve de temps à autre dans les oliveraies très anciennes des sujets issus de semis. Selon le mode de plantation, semis ou bouture, le système racinaire présente deux particularités. Dans le cas d'un semis à partir d'un noyau, l'arbre va développer une racine pivot qui ira chercher assez loin l'eau nécessaire à sa croissance, puis il

développera un chevelu d'autres racines. Dans le cas d'une bouture, le système racinaire s'étale en faisceau tout autour du pied à une profondeur de cinquante à soixante-dix centimètres. Dans le cas d'un sol très sec, les racines sont plus profondes.

➤ **I.2.2.3 Les racines**

L'olivier présente normalement des racines fasciculées, cependant, si on observe la germination d'une semence il se déroule seulement une racine pivotante, de laquelle on différenciera des petites racines secondaires. La cause de cela il faut la chercher dans la méthode de plantation. Les racines surgissent ainsi fasciculées à partir d'une grande bouture, et quand les plançons procèdent de semences, les racines pivotantes émoussent pour favoriser l'apparition de racines secondaires.

L'aspect définitif du système racinaire dépend des caractéristiques physiques du sol et de la profondeur de la nappe phréatique. On peut aussi trouver des différences variétales qui justifient la réalisation de greffes de pieds qui développent des meilleures racines.

➤ **I.2.2.4 Les fleurs**

Les fleurs de l'olivier sont petites et de couleur blanche (Figure I.15).

Elles passeraient facilement inaperçues s'il n'était pas parce qu'elles se groupent en inflorescences axillaires.

Celles-ci sont des grappes composées assez allongées où les fleurs se disposent en nombre de plusieurs dizaines.

La fleur est tétramère, même s'il n'est pas trop bizarre de trouver des fleurs pentamères, de pétales soldats et elle possède deux étamines, de filament très court, et ovaire avec deux carpelles.

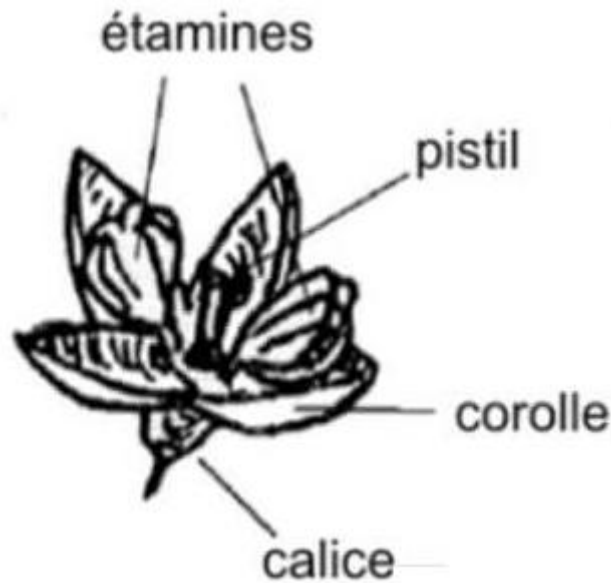


Figure I.15 : Pièce florale.

➤ I.2.2.5 Le fruit ou olives

L'olive est une drupe dont le mésocarpe représente approximativement les 2/3 du fruit. Celui-ci est très riche en lipides.

Sa forme n'est pas constante et ils existent des plusieurs variétés, comme la mancenille, de fruit pratiquement sphérique et d'autres, comme le térébinthe, avec un fruit allongé et légèrement courbé (Figure I.16).

Sa taille peut varier entre peu plus d'un centimètre et plus de trois chez l'olive grosse sévillane. L'endocarpe est ligneux et sa morphologie est aussi un caractère Variétal. L'épicarpe est intimement soldé au mésocarpe et il est de couleur vert, même s'il tourne violet avec sa maturité, brillant (dû à la présence de cire) et de doux toucher.

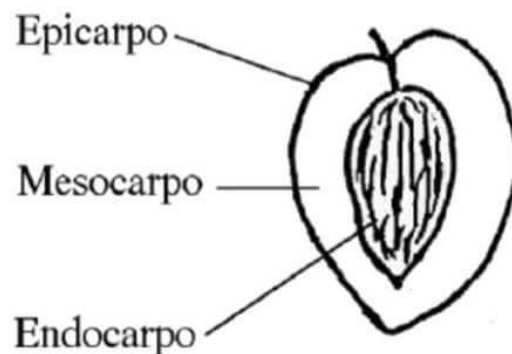


Figure I.16 : Schéma fruit d'olivier.

➤ **I.2.2.6 Son bois**

Il est jaunâtre puis passe à un brun très clair marbré de veines plus foncées. Il est très dur et compact. Il reste marqué par la moindre blessure et brûle avec une flamme claire qui répand beaucoup de chaleur

➤ **I.2.2.7 Son écorce**

Elle est très mince, percevant le moindre choc mécanique (attention à la ligature) et se déchire facilement sous le coup. L'épiderme devient alors épais, rude, crevassé et se détache en plaques.

➤ **I.2.2.8 Ses rameaux**

Les jeunes pousses présentent une écorce claire, dont la couleur passe du vert gris au gris-brun. Au départ de section quadrangulaire, les rameaux deviennent cylindriques au cours des années.

Ces rameaux peuvent être :

- ✓ des gourmands vigoureux et verticaux : on les distingue par la longueur très importante de leurs entre-nœuds.
- ✓ des rameaux de prolongement : ils prolongent les branches de charpente en se terminant par un bouquet.

I.2.3 Composition chimique de l'olive

Récoltée à maturité complète (stade noir), une olive renferme en plus de l'eau diverses substances organiques : sucres, protéines, pigments, acides organiques, vitamines, composés phénoliques, ainsi que l'huile L'olive est également riche en substances inorganiques dont fondamentalement le potassium, suivi du calcium, du magnésium et du phosphore, etc.

Tableau I.6 :Composition chimique des composants de l'olive mure.

| Partie | Matières azotes totales | Matières grasses | Cellulose brute | Matière minérale | Extractif non azote |
|-----------------------------------|----------------------------|---------------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| Epicarpe | 9.8 | 3.4 | 2.4 | 1.6 | 82.8 |
| Mésocarpe | 9.6 | 51.8 | 12 | 2.3 | 24.2 |
| Endocarpe (noyau et amande) | 1.2 | 0.8 | 74.1 | 1.2 | 22.7 |

I.3 Déchets d'olives

I.3.1 Grignons d'olive

Actuellement, les grignons d'olive sont considérés comme des produits de récupération. Ces grignons ou tourteaux avaient peu de valeur économique. En effet, une certaine quantité sert à alimenter les chaudières ou à chauffer les maisons, mais la majorité des grignons sont rejetés et sont source de pollution [16].

Le grignon d'olive renferme la plus grande partie de la matière sèche de l'olive (peau, pulpe, petits morceaux de noyau) et une certaine proportion d'eau de végétation qui contient à son tour les composants hydrosolubles de l'olive, proportion qui dépend du système d'extraction utilisé. Le grignon est séché, broyé et dégraissé par solvant [17].

I.3.2 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.

I.3.3 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 1.7).

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

Tableau 1.7 : Compositions chimiques des différents types de grignons [16].

| 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.

➤ **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 [16].

➤ **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 [17].

➤ **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 selon Zelter, 3%). D'ailleurs une grande partie des protéines (80 à 90 %) est liée à la fraction lignocellulosiques[18].

➤ **Les lipides**

La matière grasse des grignons est très riche en acides gras en C16 et C18 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 [18].

➤ **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.

I.3.4 Noyau d'olive

Le noyau d'olive est situé au cœur de l'olive, et son poids varie de 13% à 30% du poids de l'olive, selon le type d'olive, et il contient un pourcentage élevé de polyphénols, environ 35%, ce qui explique l'écrasement d'une olive entière.

I.4 Importance de l'olivier en Algérie

L'Algérie fait partie des principaux pays méditerranéens dont le climat est plus favorable à la culture de l'olivier où il constitue une des principales essences fruitières à l'échelle nationale l'oléiculture algérienne est constituée d'environ 32 millions.

Tableau I.8 : Nombre d'oliviers en Algérie [19].

| WILAYA | Superficie Occupée (ha) | Oliviers en Masse(Nbre) | Oliviers Isole (Nbre) | TOTAL Oliviers(Nbre) |
|--------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|
| ADRAR | 0 | 0 | 0 | 0 |
| CHLEF | 1080 | 98220 | 25190 | 123410 |
| LAGHOUAT | 69 | 6200 | 7170 | 13370 |
| O.E.BOUAGHI | 36 | 5920 | 150 | 6070 |
| BATNA | 1246 | 115000 | 32520 | 147520 |
| BEJAIA | 49977 | 3769110 | 385760 | 4154870 |
| BISKRA | 262 | 52300 | 20110 | 72410 |
| BLIDA | 1250 | 132750 | 40030 | 174780 |
| BOUIRA | 15725 | 990190 | 342460 | 1332650 |
| TEBESSA | 1004 | 100400 | 1900 | 102300 |
| TLEMENEN | 3360 | 339000 | 220800 | 559800 |
| TIARET | 653 | 78000 | 9530 | 87530 |
| TIZI-OUZOU | 31531 | 2935560 | 146000 | 3081560 |
| ALGER | 8 | 750 | 220 | 970 |
| DJELFA | 188 | 39710 | 2440 | 42150 |
| JIJEL | 9390 | 686490 | 202670 | 889160 |
| SETIF | 11668 | 884550 | 326770 | 1211320 |
| SAIDA | 2080 | 202100 | 5900 | 208000 |
| SIKIKDA | 4990 | 363000 | 380600 | 743600 |
| S.B.ABBES | 2707 | 265880 | 94300 | 360180 |
| ANNABA | 292 | 3092 | 15870 | 46790 |
| GUELMA | 6077 | 517400 | 142000 | 659400 |
| MEDEA | 939 | 93900 | 43530 | 137430 |
| M'SILA | 500 | 106450 | 5550 | 112000 |
| MASCARA | 8540 | 879300 | 84300 | 963600 |
| ORAN | 1614 | 166700 | 55710 | 222410 |
| EL-BAYADH | 30 | 3900 | 0 | 3900 |
| ILLIZI | 3 | 240 | 300 | 540 |
| B.B.ARRERIDJ | 13673 | 785700 | 76180 | 861880 |
| BOUMERDES | 5812 | 483830 | 52000 | 535830 |
| EL-TAREF | 1271 | 100000 | 25000 | 125000 |
| TISSEMSILT | 204 | 20400 | 3800 | 24200 |
| EL-OUED | 53 | 6920 | 3410 | 10330 |
| KHENCHELA | 256 | 32010 | 150 | 33510 |
| SOUK-AHRAS | 1055 | 84800 | 7690 | 92490 |
| OUARGLA | 615 | 63420 | 30330 | 93750 |
| | 0 | 0 | 0 | 0 |
| TOTALALGERIE | 190550 | 15633490 | 3375100 | 19008590 |

I.3.6 Industries du noyau d'olive

Lorsque le noyau est nettoyé, séché puis réduit en poudre, on obtient en effet des particules solides, dures, stables, homogènes et non volatiles. Cela en fait par exemple un excellent abrasif pour remplacer les micros plastiques utilisés notamment dans la cosmétique ou l'industrie. On le trouve notamment dans des gommages pour la peau ou des produits ménagers. Et plus finement broyé il peut même servir à poncer des verres de lunettes.

Le granulé de noyaux d'olives est également utilisé comme matériau de construction, par exemple comme mortier aussi performant que le béton traditionnel ou sous forme de briques très résistantes. Il joue un rôle d'agent liant et structurant, et certains fabricants estiment qu'il améliore la résistance et durée de vie de matériaux variés.

Des chercheurs de l'Université Polytechnique de Madrid ont même démontré les propriétés isolantes et absorbantes de l'inclusion de noyaux d'olives carbonisés dans des matériaux de construction, réduisant la densité des matériaux et décuplant leurs propriétés thermiques et acoustiques.

A La Ciotat en France, un terrain de foot 100% naturel a été inauguré en 2020. 60 tonnes de noyaux d'olives concassées y remplacent les granules de caoutchouc qu'on retrouve habituellement sur ces terrains, réputés toxiques et polluants.[26]



Figure I.17 :a), le mortier Mixxol est composé de 49% de noyaux d'olive et
b) Un cosmétique à base de noyau d'oliv

Conclusion

Nous avons présentés dans ce chapitre une revue générale sur les fibres végétales, ainsi que une présentation sur la situation des oliviers en Algérie. Les produits naturels sont très riches en fibres et ces fibres diffèrent par leurs propriétés mécaniques et physiques. Ces propriétés sont régies par la composition chimique et structurelle et dépendent du type de fibres, des conditions de croissance et du milieu environnant. Composant de toutes les fibres végétales, varie d'une fibre à l'autre.

Chapitre II

Protocole expérimentale

Introduction

Ce chapitre décrit de façon détaillée, les différentes techniques expérimentales et conditions d'essais utilisées. Il est consacré à la description de la découpe des échantillons de compression du noyau d'olive. La caractérisation mécanique des noyaux d'olive a été effectuée sur la machine hydraulique d'essai universelle (WP 310) utilisée pour la caractérisation mécanique en statique. Ainsi qu'un pycnomètre et une meuleuse à disque diamanté a été utilisées respectivement pour la mesure de la masse volumique et pour le taillage des échantillons de compression du noyau d'olive en éprouvettes. Il est à noter aussi qu'une approche statistique a été exposée pour estimer les propriétés mécaniques moyennes des fibres. Parmi lesquelles l'application de la distribution statistique de Weibull.

II.1 Matériaux

Les olives (*zaitun*) (*aceituna en espagnol*) sont l'un des principaux produits agricoles en Algérie. Avec une superficie de 2 400 000 km, les oliveraies occupent une superficie totale de 165 800 hectares répartis essentiellement dans les zones montagneuses. Plus de 48% des olives de la variété *Segoïse* sont récoltées à l'état vert et transformées selon la technique traditionnelle de fermentation des olives vertes (Figure II.1a).

L'olive est un type de plante arborescente qui suit la famille des oliviers, et c'est une plante huileuse à feuilles persistantes (Figure II.1b). L'olivier est un arbre vivace et est considéré comme une richesse en raison de ses avantages économiques et environnementaux, l'olive c'est un petit haricot de forme ovale, très amer, vert jaunâtre ou violet, avec un noyau très dur, et ses formes et tailles varient selon ses variétés (Figure II.1c). Le choix de notre matériau est basé sur les noyaux d'olive, à cause de leurs bonnes propriétés spécifiques à savoir la biodégradabilité, l'abondance, le caractère renouvelable et le faible coût.



Figure 1:a) arbre d'olive, b) fleurs et c) olives et noyaux.

II.1.1 Prélèvement les noyaux d'olive

Les fibres utilisées dans ce travail sont les noyaux d'olive récupérées des fermes oliveraies de variété Segoise de la région d'Oued Souf située au sud-est de l'Algérie. Cette source d'énergie renouvelable, abondante et disponible reste très mal exploitée.

II.1.2 Nettoyage

Les noyaux sont récoltés à la main (Figure II.2a), qui sont épluchées et éliminer la membrane externe de l'olive, ensuite placés dans bag d'eau(Figure II.2a), ont été lavées avec l'eau de robinet, puis séchées à l'air libre dans un endroit où il y a de l'ombre.

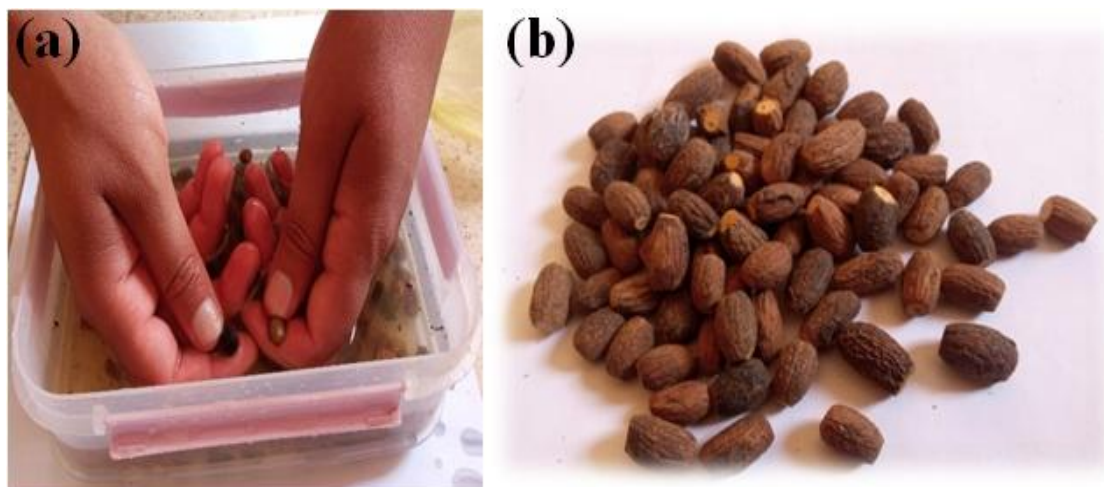


Figure23 :a) Nettoyage et b) Séchage des noyaux

II.1.3 Broyage

Opération consiste à réduire le noyau d'olive à des dimensions données (sous forme de poudre). Placez la quantité voulue de noyaux (grains) réceptacle de broyage de type YUNINLI 400g. Ceci permet de déterminer plus précisément le degré de mouture du noyau.



Figure 45 : Mouture du noyau d'olive a) broyeur de type YUNINLI 400g et

b) Mouture du grain d'olive.

II.1.4 Taillage

La forme ovoïde est typique du noyau d'olive, la raison pour laquelle, le taillage des arêtes vives et pointues de ce dernier est nécessaire pour préparer des échantillons (éprouvettes) bien déterminés, qui ont une surface plane et lisse pour les essais de compression. Les échantillons cylindriques courts sont reposés sur les deux facies supérieur et inférieur et découpés à une longueur de 10 mm (Figure II.4b), en utilisant une machine à moteur électrique type 5058-1 (Figure II.4a), portable rotative entraînant une broche adaptée qui porte une meule/un produit abrasif pour enlèvement de matière (enlèvement les bouts vives des noyaux).

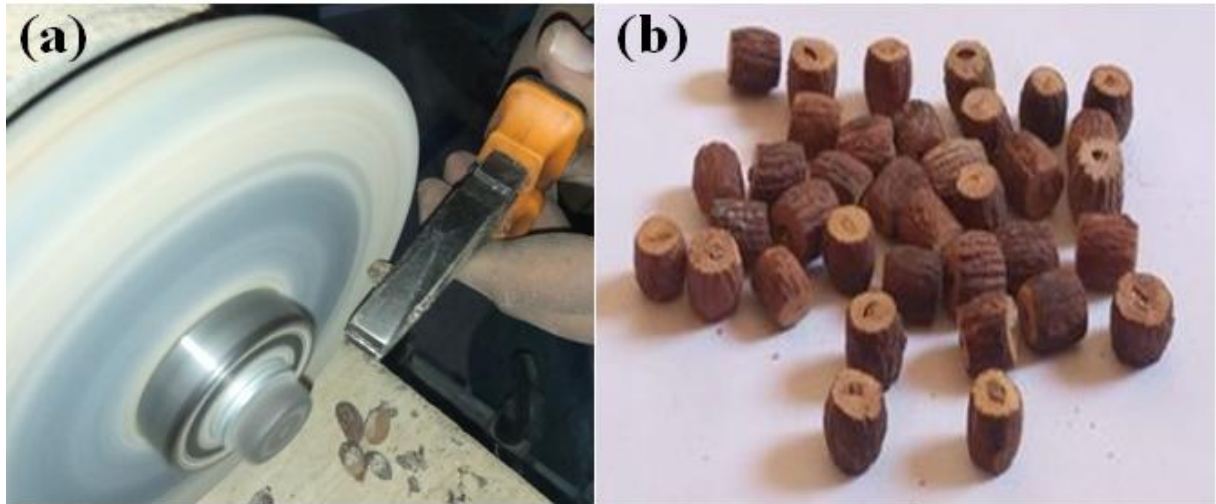


Figure67 : préparation des éprouvettes de compression :

a) meuleuse et b) noyaux tailles.

II.2 Masse volumique

Après avoir broyé le noyau d'olive, sous forme d'une poudre fine (Figure II.5a). En prélevant une quantité nécessaire afin de déterminer la masse volumique. Cette dernière est mesurée sur une balance électronique de précision de 0.0001g (Figure II.5b), puis en pesant la quantité d'eau distillée seule, puis nous ajoutons la poudre de noyaux d'olive pesée avec la quantité d'eau distillée(Figure II.5c).

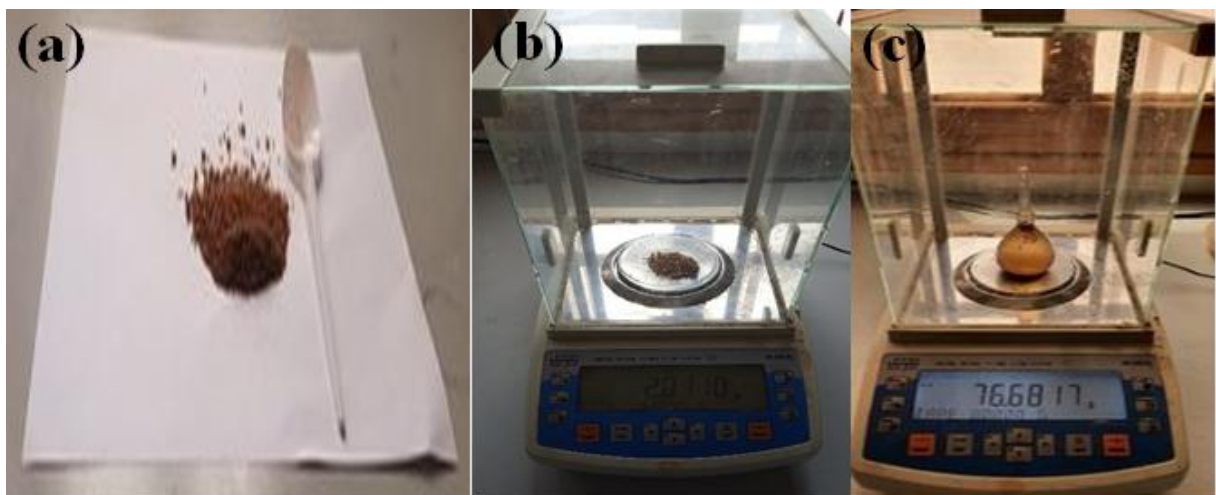


Figure89 :Test de densité de grain d'olive :

a) poudre, b) balance électronique et c) pycnomètre

La densité (ρ_f) des fibres de grain d'olive a été calculée par test d'immersion à l'aide d'un pycnomètre avec de l'eau distillée et a été déterminé par l'équation suivante :

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

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)

II.3 Essai de compression

II.3.1 Machine d'essai

Les essais de compression sont réalisés sur une machine hydraulique d'essai universelle WP 310. L'appareil d'essai est une machine d'essai verticale à colonne à entraînement hydraulique avec génération directe d'énergie. On peut générer tant des forces de traction que de compression dans l'espace de travail. La force d'essai maximale est de 50 kN dans les deux directions(Figure II.6a).

Il est possible d'effectuer des essais qualitatifs et quantitatifs sur différents matériaux et de comparer les résultats obtenus.

Un jeu complet d'accessoires permet en outre de réaliser les essais suivantes :

- Essai de traction
- Essai de compression
- Essai de cisaillement
- Essai de flexion
- Essai de dureté Brinell

Avec un ordinateur, on peut réaliser un système d'acquisition des données de mesure assistée par ordinateur. Ceci permet une acquisition et une évaluation directes confortables des données.

Les valeurs de la force et du déplacement de la traverse mobile supérieure sont enregistrées simultanément. Les contraintes et les déformations à la rupture et le module de Young, peuvent être déterminées par les équations II.2, II.3 et II.4) comme suit :

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{4F}{\pi d^2} \quad (\text{II.2})$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (\text{II.3})$$

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (\text{II.4})$$

Où :

F : la force (N) ;

S : La section de la fibre (mm²) ;

d : lediamètre de noyau d'olive (mm) ;

Δl :la valeur obtenue par la machine (mm) ;

l_0 : la longueur initiale (mm) ;

σ : la contrainte de compression (MPa) ;

ε : la déformation à la rupture (%) ;

E : le module de Young (GPa).

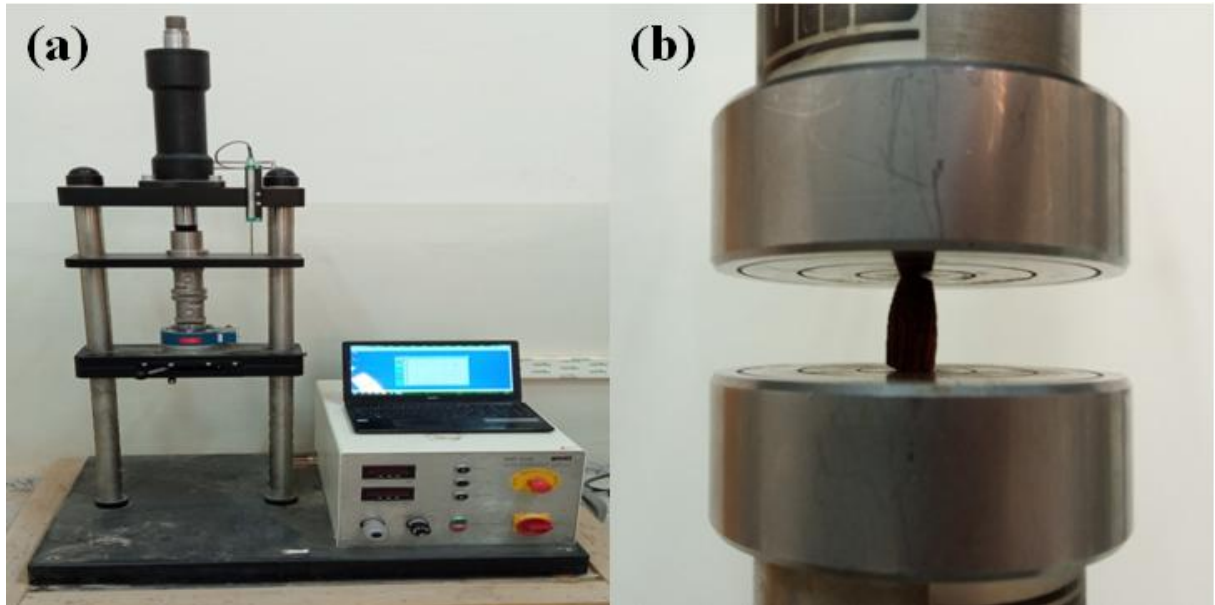


Figure 1011 : pEssai de compression pour le noyau d'olive pour :

a) machine hydraulique d'essai universelle WP 310 et b) Eprouvette en compression

II.4 Analyse statistique

II.4.1 Aspect statistique

Les essais de compression effectués sur les noyaux d'olive, se caractérisent par des dispersions, ceci est dû principalement à la durée de vie des plantes, milieu de leur croissance, conditions climatiques, mode d'extraction, variabilité dans les dimensions des olives ... etc. Ces dispersions imposent la réalisation de nombreux essais afin de pouvoir déduire une caractéristique moyenne représentative ou une loi statistique de distribution des probabilités de rupture en fonction de la contrainte appliquée. Plusieurs approches statistiques sont appliquées pour estimer les caractéristiques mécaniques moyennes des fibres, parmi lesquelles l'application de la méthode statistique de Weibull, qui est largement utilisée, afin de quantifier le degré de variabilité de la résistance pour différents types de fibres naturelles.

II.4.2 Analyse statistique

Lorsque l'hypothèse du maillon le plus faible est réalisée, on attribue à chaque élément une probabilité de rupture sous une contrainte donnée (ou une déformation

donnée). Cette probabilité cumulée est $P(\sigma_i)$ est la fonction de densité de probabilité définie par [20]:

$$P(\sigma_i) = \int_0^{\sigma_i} f(\sigma) d\sigma \quad (\text{II.5})$$

Si σ_R est la résistance théorique à la rupture du matériau l'équation II.5 peut s'écrire :

$$P(\sigma_R) = \int_0^{\sigma_R} f(\sigma) d\sigma = 1 \quad (\text{II.6})$$

Ainsi la probabilité de survie d'un élément est égale à $1 - P(\sigma_i)$. Celle des N éléments est donc égale selon l'hypothèse d'indépendance à $1 - P(\sigma_i)^N$. La probabilité P_R de survie de toute la fibre est donnée par :

$$P_R = \prod_{i=1}^N (1 - f(\sigma_i)) \quad (\text{II.7})$$

Si l'on suppose que la contrainte dans la fibre soit uniforme et égale à σ , la probabilité de rupture de l'ensemble des éléments peut s'écrire :

$$P_R(\sigma) = 1 - P = 1 - (1 - P(\sigma))^N \quad (\text{II.8})$$

En utilisant l'approximation de poisson $\lim_{N \rightarrow \infty} (1 + \frac{x}{N})^N = \exp(-x)$, l'équation (II.8) peut s'écrire :

$$P_R(\sigma) = 1 - \exp(-NP(\sigma)) \quad (\text{II.9})$$

Ou encore sous la forme :

$$P_R(\sigma) = 1 - \exp\left[-N \ln\left(\frac{1}{1 - p(\sigma)}\right)\right] \quad (\text{II.10})$$

La fonction $P(\sigma)$ est inconnue, diverses hypothèses peuvent être introduites pour en donner une représentation mathématique simple. Si le nombre de maillons est supposé proportionnel la longueur L de la fibre on aura alors $N=L$. En posant

$f(\sigma) = \left(\frac{1}{1 - p(\sigma)}\right)$ on obtient :

$$P_R(\sigma) = 1 - \exp[-L * \ln f(\sigma)] \quad (\text{II.11})$$

II.4.3 Distribution statistique de Weibull

Weibull a proposé pour la fonction $P(\sigma)$ la forme empirique suivante :

$$\begin{cases} f(\sigma) = \frac{(\sigma - \sigma_u)^m}{\sigma_0} , & \sigma > \sigma_u \\ f(\sigma) = 0, & \sigma \leq \sigma_u \end{cases} \quad (\text{II.12})$$

Où

σ_u : Contrainte seuil (contrainte ultime) en dessous de laquelle il n'y a pas de rupture possible ;

σ_0 : Facteur d'échelle ;

σ : Contrainte appliquée ;

m : Paramètre tenant compte de la largeur de la distribution.

$$P_r(\sigma) = 1 - \exp \left[-L \left(\frac{\sigma - \sigma_u}{\sigma_0} \right)^m \right] \quad (\text{II.13})$$

Le paramètre m caractérise la dispersion de la taille des défauts. Une valeur élevée de m indique que les défauts de la fibre ont une taille relativement similaire. Par contre, une faible valeur de m révèle que les défauts présents dans la fibre ont des dimensions diverses c'est ce qui entraîne la rupture pour des valeurs de contraintes très différentes [21].

$$P_r(\sigma) = 1 - \exp \left[-L \left(\frac{\sigma}{\sigma_0} \right)^m \right] \quad (\text{II.14})$$

Plusieurs méthodes sont utilisées pour déterminer les paramètres de Weibull m et σ_0 à partir des données expérimentales. Elles peuvent être classées en deux catégories :

- Linéarisation des équations (II.13 et II.14) (méthode linéaire).
- Approximation des données expérimentales avec les équations (II.13 et II.14) (méthode non linéaire)[22].

$$\ln[-\ln(1 - P)] = m \ln(\sigma - \sigma_u) - m \ln \sigma_0 \quad (\text{II.15})$$

$$\ln[-\ln(1 - P)] = m \ln \sigma - m \ln \sigma_0 \quad (\text{II.16})$$

Pour tracer le diagramme de Weibull correspondant à une fibre, on effectue des essais de compression sur un lot d'éprouvettes (en pratique, une vingtaine d'échantillons

sont testés) ayant tous la même longueur L entre les mors. Une fois les essais effectués, on classe par ordre croissant les contraintes de rupture obtenues. $\sigma_1 \leq \sigma_2 \leq \dots \leq \sigma_i \leq \sigma_{i+1} \leq \dots \leq \sigma_n$ (n : étant le nombre total d'échantillons testés), ensuite, les valeurs de p sont calculées. Le module de Weibull et la contrainte caractéristique sont alors estimés par une régression linéaire avec un niveau de confiance de 95%.

Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la description des matériels utilisés. Les différentes étapes de préparation des échantillons de le début de prélèvement des olives jusqu'à l'utilisation des noyaux d'olive sous forme des éprouvettes de compression, ainsi que une description de techniques expérimentale utilisées pour les essais statiques, les tests de la densité et la méthode statique de Weibull été exposée.

Chapitre III

Résultats et discussion

Introduction

Les propriétés mécaniques d'un matériau peuvent être déterminées à partir d'une étude mécanique. Dans ce chapitre, les résultats obtenus des différents tests mécaniques effectués dans le cadre de cette étude sont présentés et discutés. L'évolution des propriétés mécaniques des noyaux d'olive a été caractérisée en compression et de montrer l'influence de la vitesse de sollicitation, la détermination d'une propriété physique comme la densité a été effectuée par un pycnomètre. En plus, l'application statistique de la distribution de Weibull a été utilisée afin de quantifier le degré de variabilité des propriétés mécaniques (contrainte, déformation à la rupture et module de Young).

III.1 Masse volumique

La méthode d'Archimède a été utilisée pour la mesure de la densité. La densité de noyau d'olive est estimée à $1.46 \pm 0,18 \text{ g/cm}^3$ elle est supérieure à la fibre de d'Althaea $1,18 \text{ g/cm}^3$ [23] et plus proche du noyau de datte[24].

III.2 Caractérisation en compression

Les propriétés mécaniques (contrainte et déformation à la rupture et module de Young) des noyaux d'olive sont déterminées en utilisant une longueur de mesure (GL) de 10 mm. Les noyaux d'olive testés en compression statique dans les mêmes conditions sont regroupés en 03 séries de 25 échantillons chacune formant un total de 75 noyaux ont été utilisés dans ce travail.

Les tests ont été conduits sur une machine de traction universelle de type **Gunt WP310**, d'une capacité de 50 KN. Les essais de compression ont été effectués avec une trois vitesses de 1,2 et 3 mm/min. Tous les tests ont été réalisés à une température ambiante de 29°C et une hygrométrie d'environ 55%.

En raison des dispersions importantes notées dans les résultats, les noyaux d'olive, sont regroupés en plusieurs séries de 25 échantillons chacune. La figure III.1 représente les courbes contrainte/déformation des 25 tests effectués en compression sur les noyaux d'olive non traitées avec les trois vitesses proposées, où on constate une variation de la contrainte en fonction de la déformation.

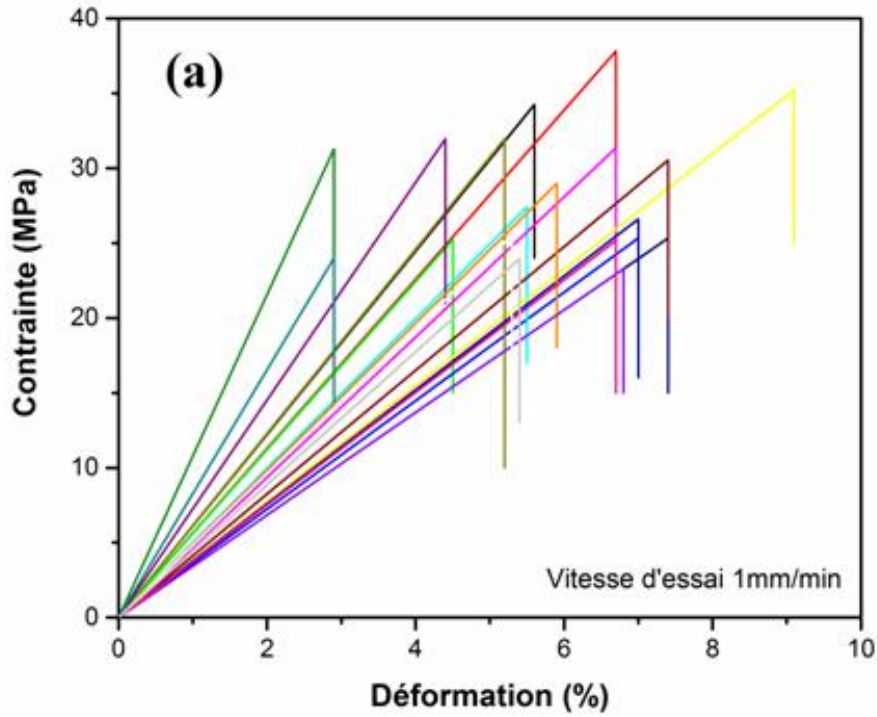


Figure III.1 : Essai décompression sur les noyaux d'olive à différents vitesse de chargement : a) Vitesse d'essai 1 mm/min

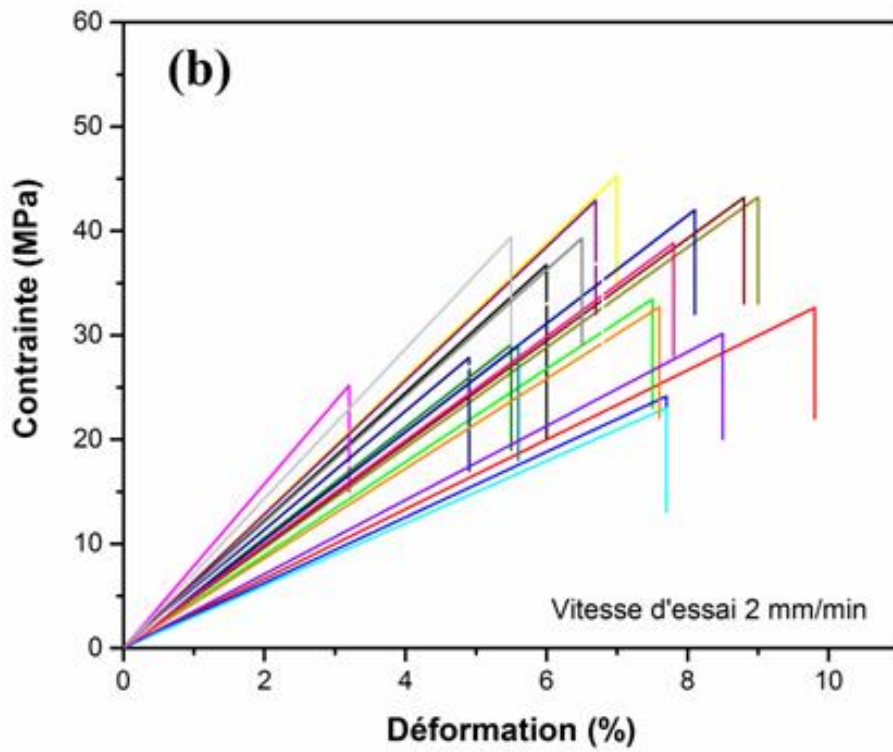


Figure III.2 : Essai décompression sur les noyaux d'olive à différents vitesse de chargement : b) Vitesse d'essai 2 mm/min

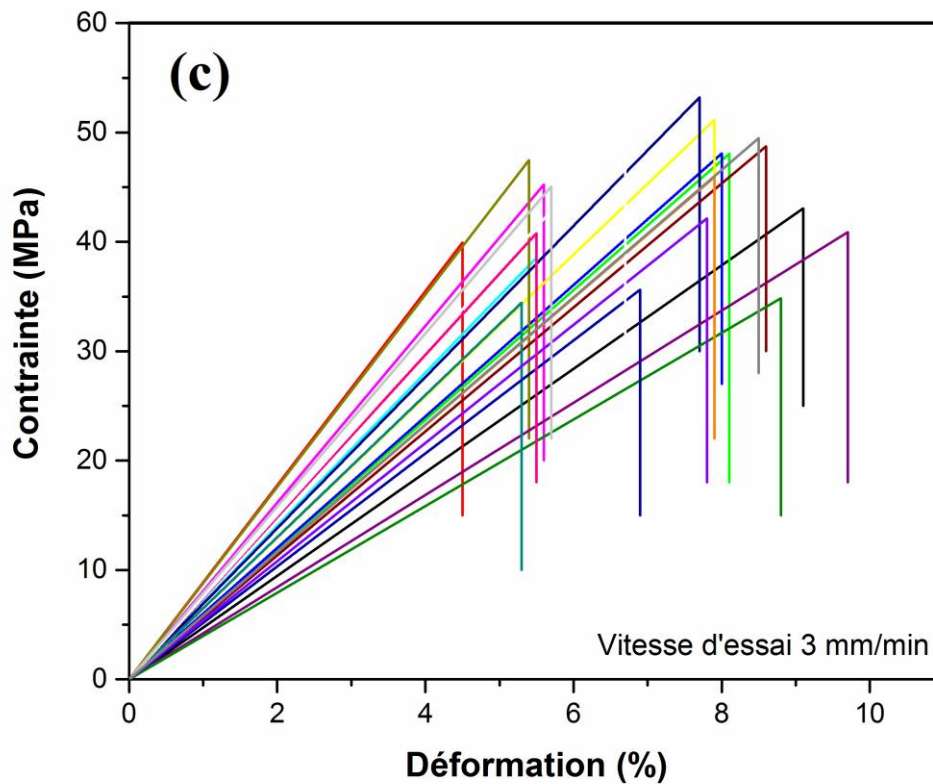


Figure III.3 : Essai décompression sur les noyaux d'olive à différents vitesses de chargement : c) Vitesse d'essai 3 mm/min.

Les courbes types contrainte-déformation (Figure III.4) obtenues à partir des essais en compression statique des noyaux d'olive étudiées, montre que la contrainte varie linéairement, avec l'augmentation de la déformation jusqu'à ce qu'elle atteigne sa valeur maximale suivie d'une diminution brusque de la contrainte. Ceci est dû à la rupture brutale.

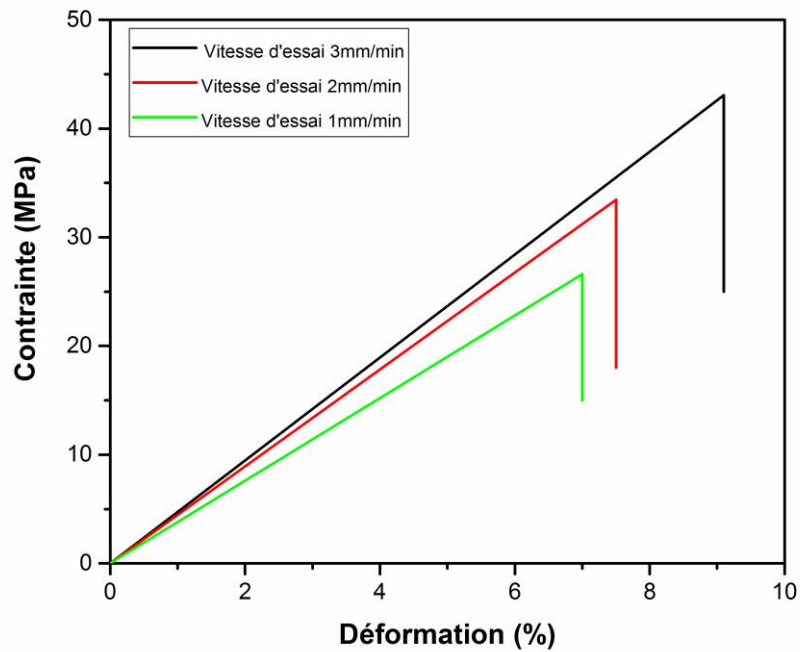


Figure III.4 : courbes types contrainte-déformation à différentes vitesses de chargement

Avant les tests de compression, chaque noyau a été mesuré le diamètre. La mesure est effectuée le long ce dernier avec pied coulisse digital, dans 3 endroits différents par échantillon. Les noyaux d'olive ont un diamètre moyenne $7,95 \pm 0,53$ mm.

L'analyse des résultats obtenus (figure III.5) montrent que la contrainte à la rupture diminue avec l'augmentation du diamètre des noyaux d'olive.

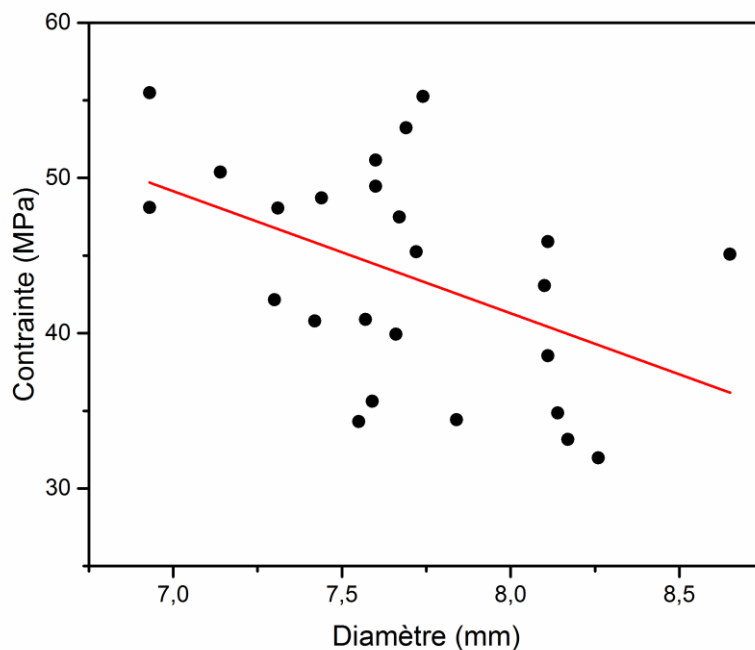


Figure III.5 : Courbe contrainte en fonction de diamètre de noyau d'olive.

III.3.1 Influence de la vitesse d'essai

Pour optimiser les propriétés mécaniques des noyaux d'olive, 90 tests ont été effectués sur des noyaux non traités, ces derniers sont regroupés en 3 séries de 25 échantillons chacune.

Le tableau III.1 illustre la variation des valeurs moyennes des propriétés mécaniques (contraintes, déformations et modules de Young) en fonction de l'augmentation de la vitesse d'essai sur les échantillons testés. L'analyse des résultats obtenus, a permis de noter que la contrainte moyenne est égale à 28,96 MPa avec un module de Young d'environ 489 GPa et une déformation 6,08% pour une vitesse de 1 mm/min. En augmentant la vitesse d'essai de compression de 2mm/min jusqu'à 3 mm/min les propriétés mécaniques (contrainte et module de Young) augmentent ont atteint les valeurs moyennes respectivement 43,72 Mpa et 673,92 GPa avec une légèrement diminution de la déformation d'environ 6,86 %. La variation de la déformation à la rupture n'est pas significative. Il est à noter que les propriétés mécaniques en compression des noyaux d'olive testés avec la vitesse 3 mm/min sont meilleures que ceux testés avec les deux autres vitesses.

Tableau III.1 :Variation des valeurs moyennes des propriétés mécaniques des noyaux d'olive avec l'augmentation de la vitesse d'essai des échantillons testés.

| Résultats expérimentaux | | | |
|--------------------------------|------------------|-----------------|-------------------------|
| Vitesse d'essai | Contrainte (MPa) | Déformation (%) | Module d'Young (GPa) |
| 1 mm/min | 28,96 ±5,43 | 6,08±1,27 | 489,23 ±77,04 |
| 2 mm/min | 34,65 ±9,23 | 7,03 ±1,64 | 511,64 ±61,97 |
| 3 mm/min | 43,72 ±7,01 | 6,86 ±1,33 | 673,92 ±81,52 |

III.4 Analyse statistique

Pour vérifier que la variation des valeurs mesurées expérimentalement est statistiquement significative, une distribution de Weibull à deux paramètres a été utilisée [25]. La distribution de Weibull apporte une ressemblance statistiquement sensible des données mesurées pour évaluer les propriétés mécanique en compression des noyaux d'olive.

La (figure III. 6 et 7 et 8) montre les courbes de distribution statistique de Weibull à deux paramètres pour les valeurs de noyau d'olive mesurées expérimentalement, respectivement, la contrainte à la compression, la déformation à la rupture et le module de Young avec les paramètres de forme et d'échelle. Les courbes démontrent que les données mesurées sont très proches de la ligne et bien positionnées dans le niveau de confiance. De plus, il montre une excellente concordance avec le facteur de corrélation de toutes les propriétés mécaniques, et les valeurs expérimentales acquises sont très proches des valeurs moyennes. Les résultats expérimentaux obtenus pour les noyaux d'olive se sont avérés être 43,72 ±7,01MPa, 6,86 ±1,33% et 673,92 ±81,52 GPa respectivement pour la contrainte à la compression ultime, pour la déformation à la rupture et pour le module de Young. Ces valeurs sont très proches de celles obtenues par la distribution de Weibull: contrainte ultime à la compression, déformation à la rupture et module de Young, respectivement d'environ 43,75MPa;6,87% et 673,83GPa. Ces résultats ont expressément démontré que les propriétés de compression sont principalement influencées par la structure morphologique.

La biodégradabilité et la nature non toxique des fibres de noyau d'olive sont prometteuses.

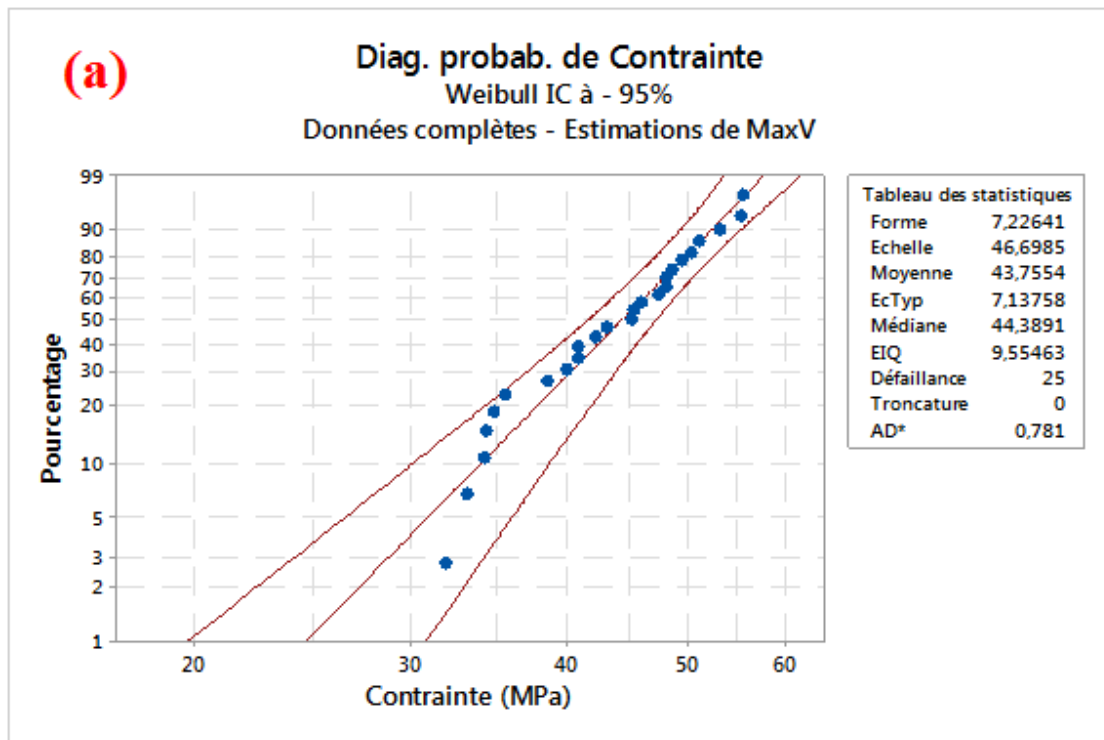


Figure III.6 :Distributions de Weibull à deux paramètres pour la probabilité de survie du noyau d'olive correspondant :a) Contrainte à la compression

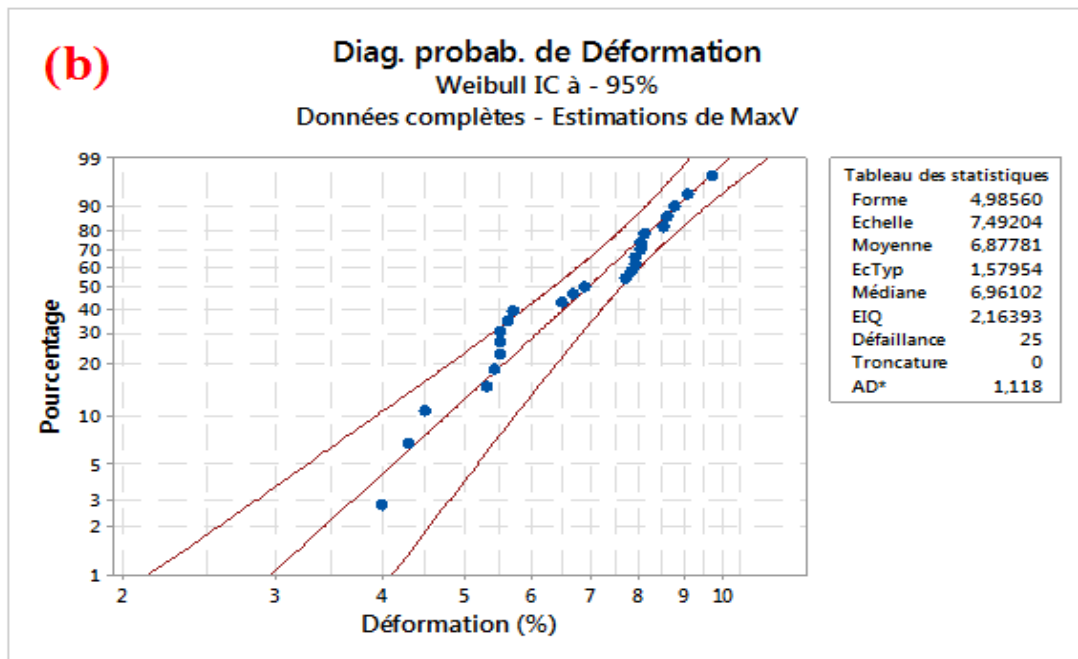


Figure III.7 :Distributions de Weibull à deux paramètres pour la probabilité de survie du noyau d'olive correspondant : b) Déformation à la rupture

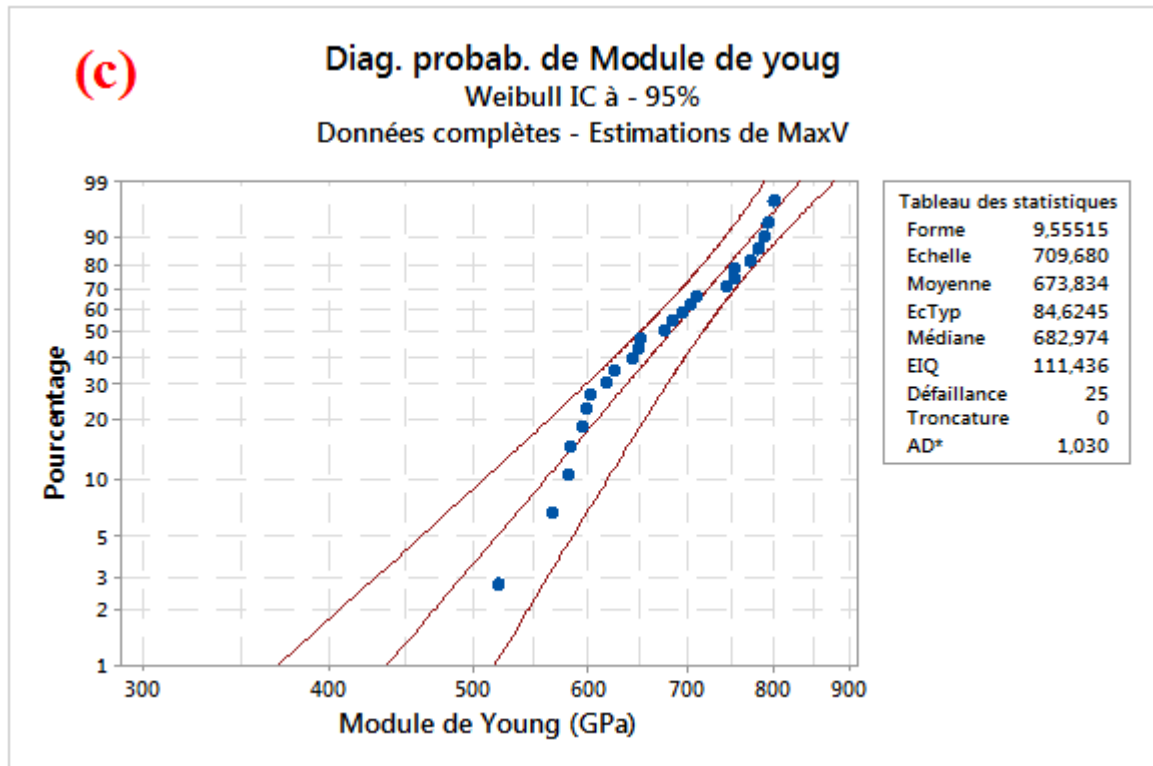


Figure III.8 : Distributions de Weibull à deux paramètres pour la probabilité de survie du noyau d'olive correspondant : c) et Module de Young.

Conclusion

Suite, à l'étude expérimentale sous chargement statique des noyaux d'olives et compte tenu des résultats obtenus, on peut conclure que :

- Le diamètre et la densité du noyau d'olive sont respectivement de 7,95 mm et $1,46\text{g/cm}^3$
- les noyaux d'olives étudiés montrent une grande dispersion au niveau des propriétés mécanique set géométrique.
- Les résultats des essais de compression montrent clairement que les conditions d'essai dans ce travail a permis une augmentation significative des propriétés mécaniques à savoir la contrainte et le module de Young avec une faible influence sur les déformations à la rupture
- Le meilleur résultat des propriétés mécaniques a été observé où la vitesse de chargement est égale 3 mm/min.
- La distribution de Weibull à deux paramètres a permis de donner des valeurs de la contraintes de la déformation à la rupture et du module de Young, proches à ceux obtenues expérimentalement ;

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude menée dans ce travail vise une analyse statistique des données qui permet l'interprétation des résultats expérimentaux obtenus à partir des propriétés mécaniques (contrainte et déformation à la rupture et module de Young) qui se caractérisent par des dispersions afin d'estimer correctement leur valeurs moyennes. Dans ce travail une analyse statistique utilisant le logiciel Minitab a été adoptée, il s'agit de l'analyse statistique de Weibull à deux paramètres. L'analyse statistique a été effectuée sur les données obtenues, par les essais de compression sur les noyaux d'olive brutes avec différentes vitesses de chargement 1, 2, et 3 mm/min, et les principales conclusions sont comme suit :

- Les résultats des essais de compression des noyaux d'olive montrent que la vitesse de chargement a une influence sur les propriétés mécaniques à savoir la contrainte à la rupture et le module de Young avec une faible influence sur les déformations.
- Les essais de compression montrent que la contrainte, la déformation à la rupture et le module de Young varient en fonction de la vitesse de chargement, le meilleur résultat a été enregistré pour une vitesse de chargement de 3 mm/min ;
- Au vu des dispersions observées des résultats expérimentaux obtenus, une étude statistique basée sur la théorie de Weibull à deux paramètres a été menée pour apporter une estimation probable du comportement des noyaux d'olive.
- La distribution de Weibull à deux paramètres a permis une approximation raisonnable des données expérimentales.

References

- [1] : Abderraouf, A., Naima, B., & Fouad, G. (2016). Thermal conductivity and thermal degradation of cementitious mortars reinforced with doum and diss fibers. In Proceedings of the International Conference on Materials and Energy–ICOME (Vol. 16, pp. 635-639).
- [2] : Y. Cao, S. Shibata, I. Fukumoto, "Mechanical properties of biodegradable composites reinforced with bagasse fiber before and after alkali treatments", Composites: Part A 37 423–429 (2006).
- [3] : F. Michaud, Rhéologie de panneaux composés bois/thermoplastiques sous chargement thermomécanique : Aptitude post formage" thèse Phd, univ Laval, 2003.
- [4] : C. Ververis, K. Georghiou, N. Christodoulakis, P. Santa's, R. Santas. "Fiber dimensions, lignin and cellulose content of various plant materials and their suitability for paper production. Industrial Crops and Products 19: 245–254, 2004
- [5] : C.R. Wilding, A. Walter et D.D. Double, "A classification of inorganic and organic admixtures by conduction calorimetry", Cement and Concrete Research, 1984, pp. 185-194.
- [6] : 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
- [7] : Fateh, T., Rogeume, T., Lucre, J., & Richard, F. (2013, August). Simulation multi-échelle de la décomposition thermique d'un contreplaqué en bois. In CFM 2013-21ème Congrès Français de Mécanique. AFM, Maison de la Mécanique, 39/41 rue Louis Blanc-92400 Courbevoie
- [8] : F. Laurans, A. Déjardin, J. Pilate, "Physiologie de la formation des parois de fibres de bois", composites et matériaux avancés, Vol. 16, pp. 27-39, 2006
- [9] : C. Couhert. Pyrolyse flash à haute température de la biomasse lignocellulosiques et de ses composés - production de gaz de synthèse", Thèse de doctorat de l'École des Mines de Paris Energétique. 2007

- [10] : N.Joly, "synthèse et caractérisation de nouveaux films plastiques obtenues par acylation et réticulation de la cellulose", thèse doctorat de l'université de Limoges, chimie des substances Naturelles, 2003.
- [11] : D, Hatsch, "Interaction hôte/pathogène : étude du modèle *Cumulus lupulus* *Fusarium graminearum*. Identification, génomique et transcriptomique du pathogène," thèse de doctorat de l'université de Louis Pasteur Strasbourg I, Sciences du Vivant – Aspects moléculaires et cellulaires de la biologie.2004
- [12] : : N.Joly, "synthèse et caractérisation de nouveaux films plastiques obtenues par acylation et réticulation de la cellulose", thèse doctorat de l'université de Limoges, chimie des substances Naturelles, 2003
- [13] : P, Boustingorry,"Élaboration d'un matériau composite à matrice gypse renforcé par bois fragmenté -amélioration de la résistance au vissage de produits préfabriqué en gypse," thèse de doctorat de l'école Nationale Supérieure des Mine de Saint Etienne, Génie des procédés, 2002
- [14] : : Zahra, S. I. O. U. D. A., & Ouarda, L. A. L. A. M. I. (2020). Etude des différentes techniques culturales pratiquées aux vergers d'olivier (*Olea europaea*) dans la région semi-aride, Wilaya de Bordj-Bou-Argeridj (Doctoral dissertation).
- [15] : : IMENE, B., & FADILA, Z. (2021). Etude de l'activité antifongique d'extrait d'olivier *Olea europaea* contre *Aspergillus niger* (Doctoral dissertation).
- [16] : : www.fao.org (Nombreux auteurs), " Utilisation des sous-produits dans l'olivier en alimentation animale dans le bassin méditerranéen". 2005-2006
- [17] : .LOUSSERT et G.BROUSSE" L'olivier" Ed.Moissonneuve et Larose Paris 1978
- [18] : J.RODIER, " L'analyse de l'eau ". 8^{ème} Edition Dumond, Paris, France, 1996
- [19] : Statistiques Agricoles. Superficies et productions série A 2002. Edité en Janvier 2003
- [20] : CHARMET, Jean-Claude. Mécanique du solide et des matériaux Elasticité-Plasticité-Rupture. ESPCI-Laboratoire d'Hydrodynamique et Mécanique Physique, 2005, p. 113-144
- [21] : MEEKER, William Q., ESCOBAR, Luis A., et PASCUAL, Francis G. Statistique méthodes for reliability data. John Wiley & Sons, 2022.

[22]: BONETT, Douglas G. Intervalle de confiance approximatif pour l'écart type des distributions non normales. Statistiques informatiques et analyse de données , 2006, vol. 50, n° 3, p. 775-782.

[23] : Sarikanat, Mehmet, et al. "Détermination des propriétés des fibres d'*Althaea officinalis* L. (guimauve) en tant que fibre végétale potentielle dans les matériaux composites polymères." *Composites Partie B : Ingénierie* 57 (2014) : 180-186

[24] : BENMEHDI, ELkhadem, Rekia MEBARKI, and Ahmed BOULAL. Valorisation des noyaux de dattes par production de bioénergie dans la région d'Adrar. Diss. Université Ahmed Draïa-Adrar, 2019.

[25] : Irvin J Lerner, Laetrile : A lesson in cancer quackery (Laetrile : Une leçon de charlatanisme du cancer), CA: A Cancer Journal for Clinicians, 1981.

[26] : <https://jusdolive.fr/les-noyaux-dolive/>