

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

جامعة محمد بوضياف بالمسيلة

كلية: العلوم

قسم: الكيمياء

الرقم التسلسلي:

رقم التسجيل: DCH/02/14

أطروحة مقدمة لنيل شهادة

دكتوراه علوم

في: الكيمياء

تخصص: كيمياء

العنوان:

تأثير المعالجات الكيميائية على الخصائص الميكانيكية لمركب مقوى بألياف

نباتية وذو أساس من مادة غير عضوية

من إعداد:

قوادري زينات

تاريخ المناقشة: 2020/09/30

أمام لجنة المناقشة المكونة من السادة:

الاسم واللقب	الرتبة العلمية	المؤسسة	الصفة
والي الدهيمي	استاذ التعليم العالي	المدرسة العليا للأساتذة ببوسعادة	رئيسا
بن يحي عز الدين	استاذ محاضر أ	جامعة محمد بوضياف بالمسيلة	مشرقا و مقررا
دخوش عاشور	استاذ التعليم العالي	جامعة محمد بوضياف بالمسيلة	ممتحنا
رفاس عبد الباقي	استاذ محاضر أ	جامعة محمد بوضياف بالمسيلة	ممتحنا
ناصر رمضان	استاذ محاضر أ	جامعة قسنطينة	ممتحنا
دغفل النذير	استاذ محاضر ب	جامعة محمد بوضياف بالمسيلة	مدعوا

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

جامعة محمد بوضياف بالمسيلة

كلية: العلوم

قسم: الكيمياء

الرقم التسلسلي:

رقم التسجيل: DCH/02/14

أطروحة مقدمة لنيل شهادة

دكتوراه علوم

في: الكيمياء

تخصص: كيمياء

العنوان:

تأثير المعالجات الكيميائية على الخصائص الميكانيكية لمركب مقوى بألياف

نباتية وذو أساس من مادة غير عضوية

من إعداد:

قوادري زينات

تاريخ المناقشة: 2020/09/30

أمام لجنة المناقشة المكونة من السادة:

الاسم واللقب	الرتبة العلمية	المؤسسة	الصفة
والي الدهيمي	استاذ التعليم العالي	المدرسة العليا للأساتذة ببوسعادة	رئيسا
بن يحي عز الدين	استاذ محاضر أ	جامعة محمد بوضياف بالمسيلة	مشرقا و مقررا
دخوش عاشور	استاذ التعليم العالي	جامعة محمد بوضياف بالمسيلة	ممتحنا
رفاس عبد الباقي	استاذ محاضر أ	جامعة محمد بوضياف بالمسيلة	ممتحنا
ناصر رمضان	استاذ محاضر أ	جامعة قسنطينة	ممتحنا
دغفل النذير	استاذ محاضر ب	جامعة محمد بوضياف بالمسيلة	مدعوا

الهداء

الحمد لله الذي أعاننا بالعلم وزيننا بالحلم وأكرمنا بالتقوى وأجملنا بالعافية.

أتقدم بإهداء عملي المتواضع إلى:

والديا الكريمين:

أرجو من الله أن يمد في عمرهما ليرو ثمارا قد حان قطافها بعد طول انتظار

زوجي ورفيق دربي:

لياس أشكرك على مواقفك النبيلة

ابنائي وقرة عيني: محمد صلاح الدين وثرثيا

إخوتي: راجح وكريم

أخواتي: فضيلة، آسيا، دليلة، فطيمة وزينب

إلى كل من أعرفهم صديقاتي وزميلاتي.

التشكر

يسرني و يشرفني أن أتقدم بخالص الشكر ووافر الامتنان إلى أساتذتي على ما بذلوه من جهد وتحملهم من مشقة جعلها الله في موازين حسناتهم.
وأخص بالتقدير والشكر:

الأستاذ المشرف : **بن يحيى عز الدين** من وجهني دون وهن أشكرك جزيل الشكر. مع خالص الاحترام والتقدير على ما قدم من جهد وتوجيهات جزاك الله عنا كل خير.

كما يشرفني أن أتقدم بالشكر الجزيل والثناء الخالص والتقدير إلى الأساتذة الكرام:

الأستاذ: **والي الدهمي** لتشريفه لنا وقبوله رئاسة لجنة المناقشة .

الأستاذ: **دخوش عاشور** لقبوله مناقشة الرسالة.

الأستاذ: **رفاس عبد الباقي** لقبوله مناقشة الرسالة.

الأستاذ: **ناصر رمضان** لقبوله الدعوة لمناقشة الرسالة.

الأستاذ: **دغفل النذير** لقبوله الدعوة لمناقشة الرسالة.

وفي الأخير نشكر كل من ساعد من قريب أو من بعيد على إتمام هذا العمل.

Abstract:

The samples were prepared using palm fibers as reinforcement for the red clay. Plant fibers have positive properties: abundant in nature, light, biodegradable, eco-environmental and less expensive, in addition, their mechanical properties make them competitive compared to synthetic fibers for preparing composite materials. This work is divided into two phases: The first consists in treating the palm fibers with a basic solution of sodium hydroxide ($\text{NaOH\% [m / v]}$) at different times (3, 7, 24 and 48 h). The second step consists in treating the fibers with different concentrations of soda (1, 4, 10 %) at constant processing time in order to know the optimal concentration and the processing time of the palm fibers. The results obtained from the tests carried out on the composite reinforced with palm fibers treated with a sodium hydroxide solution (4%) at $t = 7$ h showed a significant increase in the flexural and compressive strength; this increase is approximately 57 and 60% respectively compared to the composite reinforced by untreated fibers. It can be concluded that palm fibers can be considered as one of the suitable materials for clay reinforcement. We conclude that palm fibers can compete with other fibers and consider it as one of the most important materials for strengthening clay in the field of building materials. Among the diagnostic tests used in this study: IR, DRX, ATG, SEM, XPS, three-point bending test and pressure test.

Key words: Palm fibers, alkaline treatment, red clay, flexural strength, compressive strength and composite materials.

Résumé:

Les échantillons ont été préparés en utilisant des fibres de palmier comme renfort pour l'argile rouge. Les fibres végétales ont des propriétés positives: abondantes dans la nature, légères, biodégradables, éco-environnementaux et moins chères, de plus, leurs propriétés mécaniques les rendent compétitives par rapport aux fibres synthétiques pour préparer des matériaux composites. Ce travail est divisé en deux phases: La première consiste à traiter les fibres de palme avec une solution basique d'hydroxyde de sodium (NaOH % [m / v]) à différents moments (3, 7, 24 et 48 h). La deuxième étape consiste à traiter les fibres avec différentes concentrations de soude (1, 4, 10%) avec un temps de traitement constant afin de connaître la concentration optimale et le temps de traitement des fibres de palme.

Les résultats obtenus à partir des tests effectués sur le composite renforcé par des fibres de palmier traitées avec une solution de soude (4%) à $t = 7$ h ont montré une augmentation sensible à la résistance de flexion et compression; cette augmentation est respectivement d'environ 57 et 60% par rapport au composite renforcé par des fibres non traité. On peut conclure que les fibres de palmier peuvent être considérées comme l'un des matériaux appropriés pour le renforcement d'argile.

Nous concluons que les fibres de palmier peuvent rivaliser avec d'autres fibres et le considérons comme l'un des matériaux les plus importants pour renforcer l'argile dans le domaine des matériaux de construction. Parmi les tests de diagnostic utilisés dans cette étude: IR, DRX, ATG, SEM, XPS, test de flexion en trois points et test de pression.

Mots clés: fibres de palmier, traitement alcalin, argile rouge, résistance à la flexion, résistance à la compression et matériaux composites.

الملخص:

تم تحضير العينات باستخدام ألياف النخيل كتعزيز للطين الأحمر. تتميز الألياف النباتية بخصائص إيجابية: وفيرة في الطبيعة ، وخفيفة ، وقابلة للتحلل ، وصديقة للبيئة ، وأقل تكلفة ، علاوة على ذلك ، فإن خواصها الميكانيكية تجعلها منافسة مع الألياف الاصطناعية لتحضير المواد المركبة. ينقسم هذا العمل إلى مرحلتين: الأولى تتكون من معالجة ألياف النخيل باستخدام محلول أساسي من هيدروكسيد الصوديوم (NaOH% [m / v]) خلال أزمنة مختلفة (3 ، 7 ، 24 و 48 سا). الخطوة الثانية هي معالجة الألياف بتركيز مختلفة من الصودا (1 ، 4 ، 10 %) مع تثبيت الزمن من أجل معرفة التركيز والزمن الأمثل لمعالجة ألياف النخيل. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من الاختبارات التي أجريت على المركب المقوى بألياف النخيل المعالجة بمحلول من الصودا تركيزه (4%) لمدة 7 ساعات زيادة ملحوظة في مقاومة الانحناء والضغط؛ هذه الزيادة هي حوالي 57 و 60% على التوالي، مقارنة مع المركب المعزز بألياف غير معالجة. ومن خلال هذا كله نستنتج أن ألياف النخيل يمكنها أن تنافس ألياف أخرى واعتبارها واحدة من أهم المواد لتعزيز الطين في مجال مواد البناء. من بين الاختبارات التشخيصية المستخدمة في هذه الدراسة (IR ، DRX ، ATG ، SEM و XPS) اختبار الانحناء ثلاثي النقاط واختبار الضغط.

الكلمات المفتاحية: ألياف النخيل، المعالجة القلوية، الطين الأحمر، قوة إجهاد الثني، قوة الضغط و المواد المركبة.

قائمة الجداول

الفصل الأول: الألياف النباتية وطرق معالجتها	
4	الجدول (1): أنواع الألياف الاصطناعية
5	الجدول (2): المقارنة بين الألياف الطبيعية وألياف الزجاج
7	الجدول (3): الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية والاصطناعية.
8	الجدول (4): الايجابيات والسلبيات للألياف النباتية
الفصل الثاني: المواد المركبة المقواة بألياف نباتية وخصائصها	
27	الجدول (5): تصنيف المواد المركبة حسب المصفوفة
الفصل الرابع: النتائج ومناقشتها	
55	الجدول (6): الخصائص الفيزيائية والكيميائية لألياف النخيل
56	الجدول (7): العناصر المكونة لألياف النخيل
59	الجدول (8): قطر ألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا
70	الجدول (9): مؤشر التبلور لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا خلال أزمنة مختلفة
76	الجدول (10): الخصائص الفيزيائية والكيميائية للطين الأحمر
76	الجدول (11): المكونات الكيميائية للطين الأحمر
77	الجدول (12): تصنيف الطين حسب اتاربارغ (atterberg)

قائمة الأشكال

الفصل الأول: الألياف النباتية وطرق معالجتها

3	التصنيف العام للألياف	الشكل(1):
6	تصنيف الألياف النباتية حسب مصدرها.	الشكل(2):
8	مخطط لمورفولوجية ماكروبنوي لـ (a: ليف من القطن b) ألياف الخشب	الشكل(3):
9	صورة (MET) لمختلف طبقات ليف نباتي	الشكل(4):
9	مكونات الجدران الخلوية للليف من الخشب	الشكل(5):
11	بنية جزيء السيليلوز	الشكل(6):
12	الروابط الهيدروجينية داخل وبين الجزيئات في ليف السيليلوز.	الشكل(7):
13	بنية جزيء الهيميسيليلوز	الشكل(8):
13	بنية سلسلة من البكتين (حمض البولي جالاكتيرونك)	الشكل(9):
14	جزيء الليجنين المكون لمختلف الوحدات	الشكل(10):
16	الاجزاء الخضرية لنخيل التمر	الشكل(11):
17	مكونات الجريدة	الشكل(12):
22	بنية السيليلوز (I) والسيليلوز (II).	الشكل(13):

الفصل الثاني: المواد المركبة المقواة بألياف نباتية وخصائصها

26	رسم توضيحي لبنية المادة المركبة	الشكل(14):
28	تصنيف المواد المركبة	الشكل(15):
28	تصنيف المواد المركبة حسب الشكل	الشكل(16):
29	أشكال الدعم للمواد المركبة.	الشكل(17):
30	مراحل القولية	الشكل(18):
31	بنية الطين	الشكل(19):
32	البنية الخاصة بالطين أ- البنية الثمانية للألمنيوم ب- البنية الرباعية للسيليكات	الشكل(20):
32	البنية القاعدية للفلات الطينية	الشكل(21):
35	صناعة الطوب: (أ) طريقة الصب اليدوي (ب) طريقة استخدام ماكينات الكبس	الشكل(22):

الفصل الثالث: الطرق التجريبية والمواد المستعملة

39	ألياف النخيل.	الشكل(23):
40	مخطط استخلاص مكونات الألياف النباتية (طريقة كلازون)	الشكل(24):
40	ترشيح عينة الليجنين وتجفيفها.	الشكل(25):
42	مستخلص الهولوسيليلوز والسيليلوز الهيميسيليلوز المحصل عليهم.	الشكل(26):
42	ورق ألياف النخيل المحضرة.	الشكل(27):
45	أدوات قياس التدرج الحبيبي.	الشكل(28):
47	خطوات قياس حد السيولة	الشكل(29):
48	خطوات قياس حد اللدونة.	الشكل(30):
48	القالب المستعمل في اختبارات التني والضغط	الشكل(31):
48	تحضير الطين الاحمر	الشكل(32):
49	مراحل تحضير المركب	الشكل(33):
50	جهاز الأشعة تحت الحمراء	الشكل(34):
51	جهاز المجهر البصري	الشكل(35):
51	جهاز المجهر الالكتروني الماسح (MEB)	الشكل(36):
52	جهاز الشد والضغط	الشكل(37):

53	الشكل(38): مطيافية الأشعة السينية بالالكترن الضوئي
	الفصل الرابع: مناقشة النتائج
57	الشكل(39) ألياف النخيل غير المعالجة (P0000).
58	الشكل(40) ألياف النخيل المعالجة بالصودا بتركيز (1%).
59	الشكل(41) ألياف النخيل المعالجة بالصودا بتركيز (4%).
60	الشكل(42) ألياف النخيل المعالجة بالصودا بتركيز (10%).
61	الشكل(43) صورة مجهرية (MEB) لألياف النخيل غير المعالجة (P0000).
62	الشكل(44) صورة مجهرية (MEB) لألياف النخيل المعالجة بالصودا بتركيز (1%).
63	الشكل(45) صورة مجهرية (MEB) لألياف النخيل المعالجة بالصودا بتركيز (4%).
63	الشكل(46) صورة مجهرية (MEB) لألياف النخيل المعالجة بالصودا بتركيز (10%).
64	الشكل(47): طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل غير المعالجة و المعالجة بالصودا بتركيز (1،4،10%) لمدة 3 سا
65	الشكل(48): طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل غير المعالجة و المعالجة بالصودا بتركيز (1،4،10%) لمدة 7 سا
65	الشكل(49): طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل غير المعالجة و المعالجة بالصودا بتركيز (1،4،10%) لمدة 24 سا
66	الشكل(50): طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل غير المعالجة و المعالجة بالصودا بتركيز (1،4،10%) لمدة 48 سا
67	الشكل(51): طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل غير المعالجة و المعالجة بالصودا بتركيز (1%) خلال أزمنة مختلفة (3،7،24،48 سا)
67	الشكل(52): طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل غير المعالجة و المعالجة بالصودا بتركيز (4%) خلال أزمنة مختلفة (3،7،24،48 سا)
68	الشكل(53): طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل غير المعالجة و المعالجة بالصودا بتركيز (10%) خلال أزمنة مختلفة (3،7،24،48 سا)
68	الشكل(54): إنخفاض نبض الليجنين والهيميسيليلوز بتأثير المعالجة القلوية بالصودا.
71	الشكل(55): طيف حيود الأشعة السينية لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا بتركيز (1%) خلال أزمنة مختلفة.
71	الشكل(56): طيف حيود الأشعة السينية لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا بتركيز (4%) خلال أزمنة مختلفة
72	الشكل(57): طيف حيود الأشعة السينية لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا بتركيز (10%) خلال أزمنة مختلفة
73	الشكل(58): التحليل الوزني الحراري لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا بتركيز (1%) خلال أزمنة مختلفة
74	الشكل(59): التحليل الوزني الحراري لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا بتركيز (4%) خلال أزمنة مختلفة
75	الشكل(60): التحليل الوزني الحراري لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا بتركيز (10%) خلال أزمنة مختلفة

مختلفة

- 77 الشكل(61): التدرج الحبيبي للطين الأحمر.
- 77 الشكل(62): حدود أটারبارغ للطين الأحمر.
- 78 الشكل(63): حيود الأشعة السينية للطين الأحمر
- 79 الشكل(64) طيف الأشعة تحت الحمراء للطين الأحمر
- :
- 79 الشكل(65) تأثير طول ألياف النخيل على اختباري الثني والضغط للمركبات المدروسة
- :
- 80 الشكل(66) تأثير نسبة ألياف النخيل على اختباري الثني والضغط للمركبات المدروسة
- :
- 81 الشكل(67) تأثير إضافة الجير على اختباري الثني والضغط للمركبات المدروسة
- :
- 82 الشكل(68) تأثير إضافة الأسمنت على اختباري الثني والضغط للمركبات المدروسة
- :
- 82 الشكل(69) تأثير زمن معالجة الألياف بمحلول من الصودا بتركيز(1 %) على اختباري الثني والضغط للمركبات المدروسة
- :
- 83 الشكل(70) تأثير زمن معالجة الألياف بمحلول من الصودا بتركيز(4 %) على اختباري الثني والضغط للمركبات المدروسة
- :
- 84 الشكل(71) تأثير زمن معالجة الألياف بمحلول من الصودا بتركيز(10%) على اختباري الثني والضغط للمركبات المدروسة.
- :

قائمة الرموز والمصطلحات

الطين الاحمر	AR
التحليل الوزني الحراري	ATG
الاسمنت	C
الخاصية الغروية	Co(%)
الجير	CH
المواد المركبة ذات المصفوفة الخزفية	CMC
المواد المركبة التي تعتمد على المصفوفات المعدنية	CMM
المواد المركبة ذات المصفوفة العضوية	CMO
مواد المصفوفة البوليمرية	CMP
مؤشر التبلور	CrI
الأشعة السينية	DRX
معامل المرونة	E
حمض إيثيلين ديامين تترا أسيتيك	EDTA
طيف الأشعة تحت الحمراء	IR
كمية الماء والرطوبة	H
معامل التضخم	I g
الشدة عند المستوى (002) الطور البلوري	I ₀₀₂
الشدة للطور غير البلوري	I _{am}
المجهر الالكتروني الماسح	MEB
المجهر الإلكتروني النافذ	MET
معامل الدقة	M _f
وكتلة المواد المعدنية	MM
كتلة المواد العضوية	MO
كتلة المواد الجافة	MS
النخيل	P
ألياف النخيل غير المعالجة	PFNT
المسامية	Por
النخيل غير المعالج	P0
الكتلة المفقودة عند الحرق (1000°C)	PAF
تريفتالات بولي إيثيلين	PET
النخيل P، X: يرمز للتركيز، y: يرمز للزمن بالساعات	Pxy
حد السيولة	WI
حد اللدونة	WP
الكتلة الحجمية الظاهرية	ρ_a
الكتلة الحجمية المطلقة	ρ_{abs}
إجهادات القطع	σ_r

الفهرس

الإهداء

التشكرات

قائمة الجداول

قائمة الأشكال

قائمة الرموز

الفهرس

الملخص

أ

المقدمة

الفصل الأول: الألياف النباتية وطرق معالجتها

3	I. الألياف:
3	1.I. أنواع الألياف وتصنيفها
4	1.1.I. الألياف الاصطناعية
4	2.1.I. الألياف الطبيعية
5	1. ألياف طبيعية ذات أصل حيواني: (ألياف بروتينية)
5	2. ألياف طبيعية من مصدر معدني
5	3. الألياف النباتية
6	2.I. تصنيف الألياف النباتية
6	3.I. مقارنة بين الخصائص الميكانيكية للألياف الطبيعية والاصطناعية
7	4.I. الإيجابيات والسلبيات للألياف النباتية كمقويات للمواد المركبة
8	5.I. خصائص الألياف النباتية
8	1.5.I. البنية الفيزيائية
10	2.5.I. البنية الكيميائية
11	3.5.I. بنية ومورفولوجية الألياف
11	6.I. المكونات الأساسية للألياف النباتية
11	1.6.I. السليلوز: (cellulose)
12	2.6.I. الهيميسليلوز: (hemicellulose)
13	3.6.I. البكتين (Pectine)
14	4.6.I. اللجنين (lignine)
14	5.6.I. المستخلصات البسيطة: (Extractibles simples)
15	6.6.I. التانينات: (tannins)
15	7.6.I. المواد غير العضوية
15	8.6.I. الشموع
15	7.I. ألياف النخيل
16	1.7.I. تصنيف نخيل التمر
16	2.7.I. الوصف النباتي لشجرة نخيل التمر
17	3.7.I. المجموع الجذري
17	4.7.I. المجموع الخضري
18	5.7.I. المجموع الزهري
18	8.I. معالجة الألياف النباتية
19	1.8.I. امتصاص الرطوبة
19	2.8.I. طرق المعالجة
20	1.2.I.8. المعالجات الفيزيائية
20	1- الطريقة الميكانيكية
20	2- طريقة التصفيح أو الضغط

20	2.2.I.8. المعالجات الكيميائية للألياف النباتية
20	1- المرسرة (Mercerisation)
21	أ- المعالجة بالصودا
23	ب- المعالجة بالأسيلة
23	ج- المعالجة بالبنزلة
24	د- المعالجة بالبرمنغنات
	قائمة المراجع

الفصل الثاني: المواد المركبة المقواة بألياف نباتية وخصائصها

26	II. المواد المركبة
26	II.1. تعريف المواد المركبة
27	II.2. تصنيف المواد المركبة
27	II.1.2. تصنيف المواد المركبة حسب نوع المصفوفة
28	II.2. 2. تصنيف المواد المركبة حسب الشكل
29	II.3. أشكال الدعم
29	II.4. طريقة تحضير المواد المركبة
30	II.5. المصفوفة من الطين
31	II.1.5. خصائص ومكونات الطين
32	II.2.5. أنواع الترب الطينية وتركيبها الفلزي
32	1. الكاولينيت
33	2. الإليت
33	3. المونتموريونيت
33	II.3.5. الخواص الفيزيائية والكيميائية للطين
34	II.4.5. المادة المركبة
34	الطوب
34	أ. طريقة الانتاج الالية
35	ب. أهم مميزات البناء بالطوب الطيني
	قائمة المراجع

الفصل الثالث: الطرق التجريبية والمواد المستعملة

38	III.1. الألياف
38	III.1.1. كمية الماء والمواد المتطايرة
38	III.2.1. كمية المادة الجافة (MS)
38	III.3.1. كمية المواد المعدنية (MM)
38	III.4.1. كمية المواد العضوية (MO)
39	III.5.1. الاستخلاص
39	III.5.1.1. المعالجة الأولية
40	III.5.1.2. إستخلاص الليجنين (lignine)
40	III.5.1.3. استخلاص الدهون (graisse et cires)
40	III.5.1.4. استخلاص الهولوسيليلوز (hollocellulose)
41	III.5.1.5. إستخلاص السيليلوز (Cellulose)
41	III.5.1.6. إستخلاص الهيميسيليلوز (Hémicellulose)
42	III.6.1. معالجة الألياف
42	III.6.1.1. المعالجة الميكانيكية
42	III.6.1.2. المعالجة الكيميائية للألياف
43	III.2. الطين الأحمر

43	1.2.III. تحديد (pH)
43	2.2.III. نسبة الرطوبة
43	3.2.III. معامل التضخم
43	4.2.III. الخاصية الغروية
44	5.2.III. المسامية
44	6.2.III. الكتلة الحجمية المطلقة
44	7.2.III. الكتلة الحجمية الظاهرية
44	8.2.III. التدرج الحبيبي للتربة
45	9.2.III. تجربة حدود أটারبارغ
48	3.III. تحضير الالياف للمواد المركبة
48	1.3.III. تحضير الطين الاحمر
49	2.3.III. تحضير المادة المركبة
49	III.4. الأجهزة المستعملة
49	أ/ جهاز الأشعة تحت الحمراء (IR)
50	ب/ جهاز الأشعة السينية (DRX)
51	ج/ جهاز المجهر البصري (Microscope Optique)
51	د/ جهاز المجهر الإلكتروني الماسح (MEB)
51	هـ/ جهاز التحليل الوزني الحراري (ATG)
52	و/ جهاز الشد و الضغط
52	ي/ مطيافية الاشعة السينية بالالكترونات الضوئي
	قائمة المراجع

الفصل الرابع: النتائج ومناقشتها

55	1.IV. خصائص الياف النخيل
55	1.1.IV. الخصائص الفيزيائية والكيميائية لألياف النخيل
56	2.1.IV. المكونات الكيميائية لعينة ألياف النخيل
57	3.1.IV. الاختبار باستعمال جهاز الميكروسكوب الضوئي (Microscope Optique)
60	4.1.IV. الاختبار باستعمال جهاز المجهر الإلكتروني الماسح (MEB)
64	5.1.IV. الإختبار بجهاز طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل
69	6.1.IV. إختبار حيود الأشعة السينية (DRX)
73	7.1.IV. اختبار التحليل الوزني الحراري (ATG)
75	2.IV. خصائص الطين الأحمر
75	1.2.IV. الخصائص الفيزيائية والكيميائية للطين الاحمر
76	2.2.IV. المكونات الكيميائية لعينة الطين الأحمر
76	3.2.IV. الخصائص الجيوتقنية للطين الأحمر
76	1.3.2.IV. اختبار قياس التدرج الحبيبي
77	2.3.2.IV. حدود أটারبارغ
78	3.3.2.IV. حيود الاشعة السينية للطين الاحمر
78	4.3.2.IV. طيف الاشعة تحت الحمراء للطين الأحمر
79	3.IV. الاختبارات الميكانيكية.
79	1.3.IV. تأثير طول ألياف النخيل على الخواص الميكانيكية للمركبات.
80	2.3.IV. تأثير نسبة الالياف
80	3.3.IV. تأثير إضافة الجير والأسمنت على الخواص الميكانيكية للمركبات.
82	4.3.IV. تأثير زمن معالجة ألياف النخيل على الخواص الميكانيكية للمركبات.
	قائمة المراجع

مقدمة

مقدمة

إن بروتوكول كيوتو ، تم التصديق عليه في عام 1998 لمكافحة تغيرات المناخ العالمي عن طريق الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون ، ولد الحماس لاستخدام مواد صديقة للبيئة أكثر. عدة حكومات بدأت الخطوة حيث اتخذت ما يسمى التنمية المستدامة في صميم أولوياتها [1].

في اطار هذا التوجه العالمي صوب الاستدامة، يسهم مجال العمارة ومواد البناء بوصفه عنصرا فاعلا في التنمية ،و حينما يتعلق الامر بالمناطق الصحراوية تتأكد اهمية هذا الاسهام لا سيما اذا كانت المنطقة تحتاج لمزيد من الاهتمام، ومن خلال المقومات التي تتطلبها منظومة الاستدامة من بيئة واقتصاد وحيث تمثل تكاليف التشييد محدداساسا في تلك المنظومة فقد وجهنا اهتمامنا لدراسة مادة الطين كمادة أساسية وألياف النخيل كمقويات[2].

في الجزائر كان البناء قديما باستخدام التربة الطينية واسع الانتشار عبر التاريخ، خاصة في المناطق الصحراوية، ونشهد اليوم الاهتمام بهذه المادة وهذا مايفسر التوجه في الوقت الحالي للاسكان الريفي حوالي 40% [3] من أجل التكيف مع المسار الدولي من حيث التنمية المستدامة حيث صدر قانون لتعزيز الطاقات المتجددة في أوت 2004 [3]، إن استخدام التربة الطينية وحدها غير كاف لتحضير الطوب المستعمل كماد بناء لذا تم تقويتها بالياف نباتية لتحسين خصائصها الميكانيكية .

يوجد في الجزائر أكثر من 17 مليون شجرة نخيل و800 صنف من التمور [4]، أعمال صيانة النخيل السنوية تولد كميات نفايات كبيرة تتكون أساسا من ألياف النخيل والتي يمكن استخدامها لتعزيز ليفي في التربة الطينية لاستغلال جيد لهاته الالياف في الانشاءات خصوصا مجال البناء.

الغرض من تقوية المصفوفة بالألياف النباتية والتي تتمتع بخصائص مهمة؛ قلة التكلفة ،صديقة للبيئة...هو تحسين الخصائص الميكانيكية للمركب ككل في حين تكون النتيجة خلاف ذلك إذا لم تتم تقويتها بالالياف النباتية[5]. الهدف من هذه الدراسة هو استغلال المواد البيئية بامتياز من الطين الأحمر(المصفوفة) وتعزيزها بالياف النخيل (مواد التقوية) ومحاولة تحسينها بمعالجة الالياف كيميائيا واطافة مواد ربط للمصفوفة لزيادة ارتباط وتماسك مكوناتها وتحسين خصائصها الميكانيكية(الضغط والانثناء) .

اعتمدنا في دراستنا هذه على هذين العنصرين المهمين من تربة طينية و ألياف النخيل وأهم ما يميز مواد البناء من تربة والياف هي توفرها ،قربها من المناطق السكنية وخصائصها المناسبة خصوصا أنها بيئية بامتياز . رغم ما يميز مواد البناء المعتمدة إلا أننا في حاجة لدعمها بمواد ربط من جير واسمنت للتخلص من سلبياتها والتي تتمثل في المسامية،التمدد والتقلص و التآكل السطحي والنفاذية. كما أكد الباحث هيوبن [6] أن تثبيت التربة بالروابط يحسن من المقاومة الميكانيكية وحساسيتها للماء.

تم تقسيم هاته المذكرة إلى قسمين رئيسيين الأول نظري والثاني تطبيقي أما الأول فيحتوي على فصلين الأول يتكلم عن الألياف النباتية أنواعها وتواجدها مع التطرق إلى مكونات الألياف النباتية، خصائصها وأهم طرق معالجتها كيميائيا والثاني يتحدث عن المواد المركبة تصنيفها و طرق تحضيرها والجانب التطبيقي تناولنا فيه الطرق التجريبية

والأجهزة المستعملة المدرجة في الفصل الثالث ثم النتائج المحصل عليها ومناقشتها في الفصل الرابع وأخير الخلاصة العامة.

قائمة المراجع

- [1] G.Habert, N. Roussel « Comment concevoir un béton ayant un faible impact environnemental? » XXVIème Rencontres Universitaire de Génie Civil, Nancy, 4 –6 juin (2008).
- [2] وليد فريوان، م. رياض رمضان الشواخ « استخدام مادة الطين في بناء المدن الصحراوية كمدخل للاستدامة- مدينة غدامس كدراسة حالة » (2016) <https://www.researchgate.net/publication/311570795>
- [3] H .Benouali, A.Brara, M. Mahdad, F.Mokhtari « Caractérisation thermophysique et suivi thermique de deux bâtisses réalisées en blocs de terre comprimés » Actes de la 29ème rencontre de l'Association Universitaire de Génie Civil (AUGC), Tlemcen p. 265, 29-31 (2011).
- [4] S.Benziouche« Structure et contraintes de la filière dattes en Algérie » New Medit, vol. 11, n° 4, 2012. - p. 49-57(2012).
- [5] S.F.Santos, G.H.D.Tonoli, J.E.B.Mejia, J.Fiorelli, Jr. H. Savastano« Non-conventional cement-based composites reinforced with vegetable fibers: A review of strategies to improve durability »Materiales de Construction, 65, 317(2015).
- [6] Houben H, Guillaud H.« Earth construction—a comprehensive guide. London: Intermediate » , Technology(1994).

الفصل الأول:

الألياف النباتية وطرق معالجتها

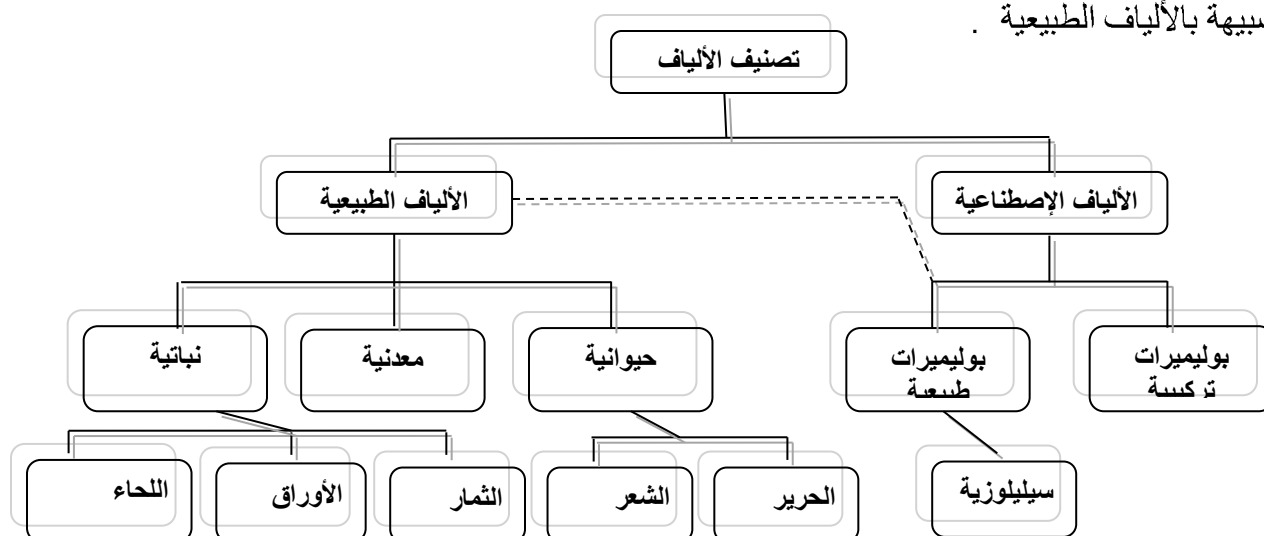
لقد أصبح استخدام الموارد المتجددة (الموارد التي مصدرها الكتلة الحيوية) في المواد المركبة أكثر شيوعاً في الوقت الحاضر. حيث صار توجه السوق نحو الطلب المتزايد للمنتجات الصديقة للبيئة. وتلبية لذلك، فإن هناك أبحاث تجرى في العديد من المختبرات في جميع أنحاء العالم لتحضير مواد مركبة مقواة بالألياف الطبيعية، تسمى بالمواد البيئية، المركبات الحيوية... الخ. هناك الكثير من المواد المعنية بهذا الاهتمام وفي هذا الفصل نسلط الضوء على لألياف الطبيعية من حيث تصنيفها، ومعرفة بنيتها ومكوناتها الكيميائية ومختلف المعالجات الكيميائية لها وذلك لكي يتسنى لنا فهم ودراسة التأثيرات المتبادلة بين هاته الألياف التي تستعمل كماد تقوية والمصفوفة المستعملة في تحضير المادة المركبة المدروسة.

I. الألياف:

الألياف مصطلح يطلق على المواد التي تكون على شكل حبال أو خيوط طويلة، هاته الأخيرة تكون اكبر بكثير من أقطارها الصغيرة جداً، وهي تستعمل في تقوية المركبات البوليميرية ، ومن أهمها نجد الألياف النباتية، الألياف المعدنية، الألياف الحيوانية ، والألياف الاصطناعية، و لها خواص ميكانيكية متميزة مثل مقاومة الإجهادات، الصلابة وخاصة العزل ضد الصوت والحرارة [1].

1.I. أنواع الألياف وتصنيفها:

تنقسم الألياف بشكل أساسي إلى ألياف طبيعية، وألياف اصطناعية كما هو موضح في الشكل (1)، تتميز الألياف الاصطناعية بقوتها، متانتها، وإمكانية أكبر لتعديل خواصها وتركيبها الكيميائي، بينما تتميز الألياف الطبيعية بشكل عام بخواص معينة، فهي لها قابلية للتحلل الحيوي، ويمكن الحصول عليها من مصادر متجددة [2] ، إن بنية الألياف الطبيعية والاصطناعية مختلفة تماماً، لكن بالإمكان أن نقوم بهندسة الألياف الاصطناعية بحيث تصبح شبيهة بالألياف الطبيعية .



الشكل (1): التصنيف العام للألياف [2].

1.1.I. الألياف الاصطناعية:

الألياف الصناعية مصدرها ببتروكيميائي وتكون على شكل خيوط تمتاز بمقاومة شديدة للتشوه قوة شد عالية، ضعف إمتصاصها للرطوبة ولها درجة تبلور عالية. من أمثلة هذه الألياف البولي [3]، ويمكن تصنيفها حسب الجدول (1).

الجدول (1): أنواع الألياف

ألياف طبيعية (naturels)	ألياف اصطناعية (synthétique)
ألياف سيليلوزية : • ألياف الفيسكوز • ألياف الحرير الصناعي • ألياف أكسيد النحاس النشاردي	• بولي أميد • بولي إستر • بولي فينيل • بولي أوليفين Polyolefin
ألياف بروتينية تركيبية : • ألياف الكازين • ألياف الفول السوداني • ألياف الصويا	

تدخل الألياف الاصطناعية في تكوين معظم البوليميرات المستعملة في الصناعات الحديثة نظرا لما تتمتع به من صفات فيزيائية وكيميائية مثل [3]:

- وجود قوى جزيئية عالية بين سلاسل البوليميرات .
- درجة الانصهار والتلين عالية نسبيا.
- مقاومة للاشتعال، غير سامة وغير مسببة للحساسية.

2.1.I. الألياف الطبيعية:

هي أقدم الألياف استعمالا وأوسعها انتشارا، تعتبر المصدر الثابت والمتجدد للألياف و تتوفر من مصادر طبيعية ، ويمكن تصنيفها إلى ألياف حيوانية ، معدنية ونباتية.

1. ألياف طبيعية ذات أصل حيواني: (ألياف بروتينية): هي الألياف التي يكون مصدرها حيواني وأساس هذه الألياف عبارة عن بروتينات وأهم هذه الألياف الحيوانية: الصوف شعر الجمل، شعر المعزة الفارسية، ألياف الفرو، الحرير، البكّة، أنغورا، حرير العنكبوت.

2. ألياف طبيعية من مصدر معدني: وهذه المجموعة محدودة الأهمية ويعتبر الأسبستوس أهم هذه الألياف والذي يؤخذ من صخور طبيعية.

3. الألياف النباتية: يمكن للألياف النباتية أن تندرج من أقسام مختلفة من النباتات: الثمار، الأوراق، الساق أو من الجذور.

إن كون الألياف الطبيعية هي أقل تكلفة و أقل ضررا على البيئة من الألياف الاصطناعية، فهذا يرشحها لأن تكون بديلا عن الألياف الاصطناعية [4]، والجدول (2) يلخص مزايا الألياف الطبيعية مقارنة بالاصطناعية. إن الجوانب البيئية التي تؤخذ بعين الاعتبار، هو استهلاكها لطاقة أقل أثناء التصنيع، وهي قابلة للتحلل الحيوي وضررها على الأجهزة المستعملة في التصنيع عادة ما يكون أقل منها عند استعمال الألياف الزجاجية أو الكربون [5].

هناك نقطة أخيرة للمقارنة هي كثافة الألياف الطبيعية التي تكون عادة أقل من الألياف الاصطناعية. هذا العامل يمكن أن يكون عنصرا رئيسيا بالنسبة لقطاع النقل، حيث كون تخفيض الوزن يعني انخفاض في استهلاك الطاقة.

الجدول (2): مقارنة بين الألياف الطبيعية وألياف الزجاج [4]

الخصائص	الألياف الطبيعية	ألياف الزجاج
التكلفة	ضعيفة	ضعيفة ولكن أكبر من الألياف الطبيعية
قابلة للتجديد	نعم	لا
قابلة للاسترجاع	نعم	لا
استهلاك الطاقة	ضعيف	مرتفع
التوزيع	عريض	عريض
كربون- حيادي	نعم	لا
إتلاف الماكينات	لا	نعم
خطر الصحة	لا	نعم
التحلل الحيوي	نعم	لا

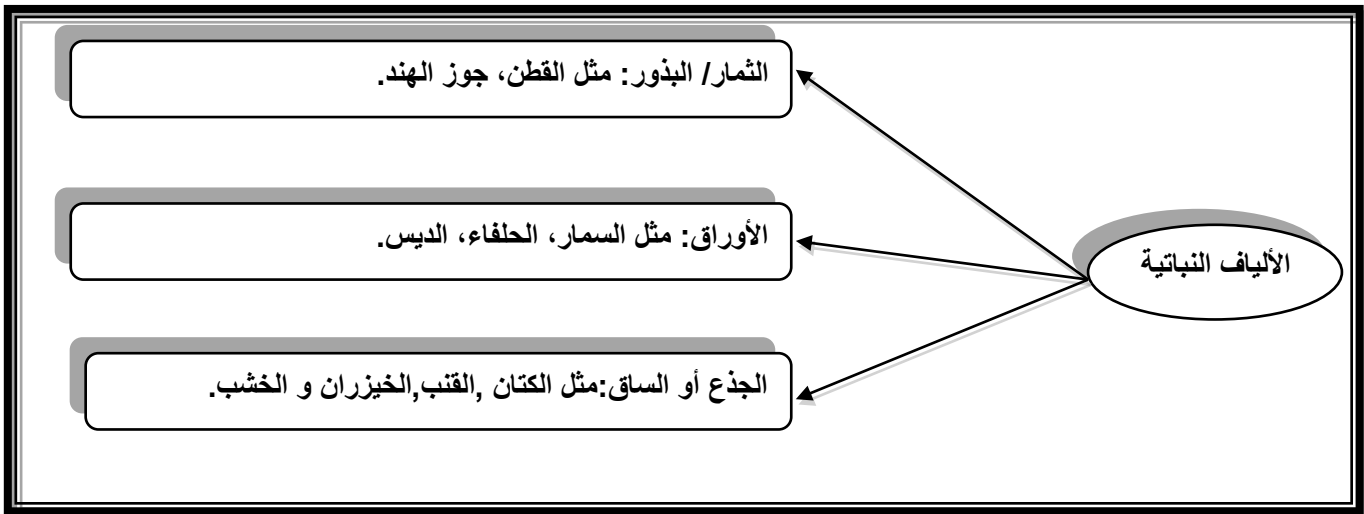
2.1. تصنيف الألياف النباتية

يمكن أن نقسم الألياف النباتية إلى ثلاث مجموعات وذلك حسب مصدرها كما يوضحه الشكل (2). ألياف مصدرها من البذور (القطن والكابوك)، وألياف مستخرجة من قشور الفاكهة (جوز الهند) أو الألياف الصلبة المستخرجة من قضبان النباتات. ألياف مستخرجة من الورق (السيزال، القنب)،

أ/ ألياف الثمار أو الفواكه: تعتمد أساسا على الثمار ، قصيرة ورقيقة مثل ألياف جوز الهند وألياف القطن التي تعتبر من الألياف الطبيعية الأكثر تواجدا في العالم. وقد تجاوز حديثا إنتاجه، إنتاج الألياف التركيبية تريفتالات بولي إيثيلين (PET) .

ب/ ألياف الأوراق: هي عادة أكثر طولاً بسبب كبر حجم الأوراق، وتستعمل في النسيج (الخيوط) كما تستعمل كمادة أولية لصناعة الحبال والخيوط المفتولة ومثال على ذلك السمار والحلفاء.

ج/ ألياف السيقان: وهي على شكل حزم من الألياف، منها التي تنقل الماء من الجذور إلى الأوراق وأخرى مسؤولة عن ربط نهايات الألياف ومن بينها ألياف الكتان والقنب.



الشكل (2): تصنيف الألياف النباتية حسب مصدرها [6].

3.1. مقارنة بين الخصائص الميكانيكية للألياف الطبيعية والاصطناعية:

رغم أن الخصائص الميكانيكية للألياف الطبيعية أقل من نظيرتها الاصطناعية، إلا أن الألياف الطبيعية تستعمل كتعزيز في المواد المركبة، وقد تم استخدامها في بعض التطبيقات التي تتطلب بعض الخصائص مثل قوة التحمل

الانحناء و التوتر كما هو الحال بالنسبة للقوائم المستخدمة في المقاعد ،هياكل السيارات ، المنازل ،الصوامع ،القوارب والمراكب[6-9] والجدول (3) يظهر بعض الخصائص الميكانيكية لمجموعة من الألياف [10،11].

الجدول(3): الخصائص الميكانيكية لبعض الألياف الطبيعية والاصطناعية [12].

نوع الألياف	الكتلة الحجمية (غ.سم ³)	القطر (ميكرومتر)	معامل الشد (ميغاباسكال)	معامل يونغ (جيغا باسكال)	استطالة القطع (%)
الجوت	1.45-1.3	200-20	773-393	26.5-13	8-7.1
الكتان	3-1.5	-	1100-45	27.6	3.2-2.7
الرامي	1.5	-	938-400	128-61.4	3.8-1.2
السيزال	1.45	200-50	640-468	22-9.4	7-3.1
النخيل	-	80-20	1627-413	82.51-34.5	1.6
القطن	1.6-1.5	-	800-287	12.6-5.5	8-7.1
جوز الهند	1.15	450-100	175-131	6-4.1	40-15
ألياف الزجاج	2.5	-	3500-2000	70	2.5
ألياف الفولاذ	2.5	-	4570	86	2.8
ألياف الكربون	1.7	-	4000	240-230	1.8-1.4

4.I. إيجابيات وسلبيات الألياف النباتية كمقويات للمواد المركبة:

هناك دراسات أثبتت أن المواد المركبة المقواة بالألياف الطبيعية أكثر توافقا مع البيئة منها بالنسبة المقواة بالألياف التركيبية وهو ما يميز هذا النوع من الألياف النباتية [8] (الجدول 4) .

الجدول(4):إيجابيات وسلبيات الألياف النباتية [13،14]

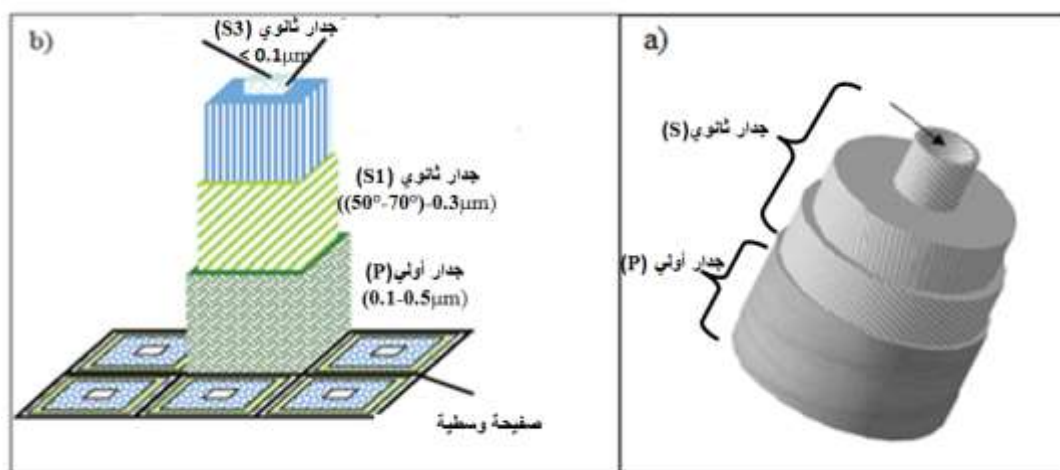
السلبيات	الاييجابيات
----------	-------------

✓ تكلفة ضعيفة.	✓ امتصاص الماء.
✓ تحلل حيوي.	✓ ألياف غير ثابتة الأبعاد.
✓ لا إثارة جلدية أثناء التعامل مع الألياف.	✓ تغير النوعية والخواص بناء على بيئة النشأة والمناخ.
✓ لا يشكل رماد عند الحرق.	✓ ألياف متباينة الخواص.
✓ مصادر قابلة للتجديد.	✓ طريقة التخزين (بعيدا عن الحرارة وأشعة الشمس وطريقة توضعها)
✓ مقاومة وصلابة.	
✓ العزل الجيد للحرارة والصوت.	

5.I. خصائص الألياف النباتية

1.5.I. البنية الفيزيائية:

تعتبر الألياف النباتية مادة متعددة الطبقات مكونة من جدران اسطوانية متحدة المركز وهي التي تشكل الألياف (الشكل 3) في وسط الألياف الابتدائية، هناك تجويف يحتوي - حتى نضج الألياف- على نواة الخلية والسيتوبلازم، ويتم استخدام حجم التجويف لتحديد نوعية ودرجة نضج الألياف [14].

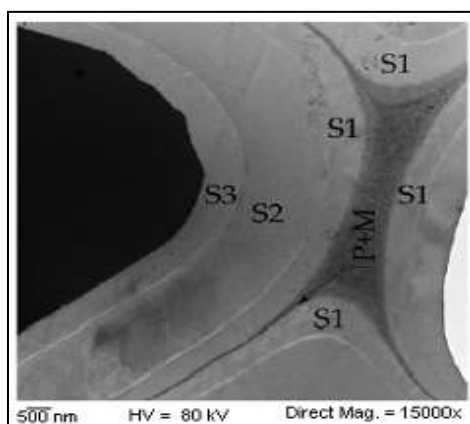


الشكل (3): مخطط لمورفولوجية ماكروبنوي لـ: (a) ليف من القطن

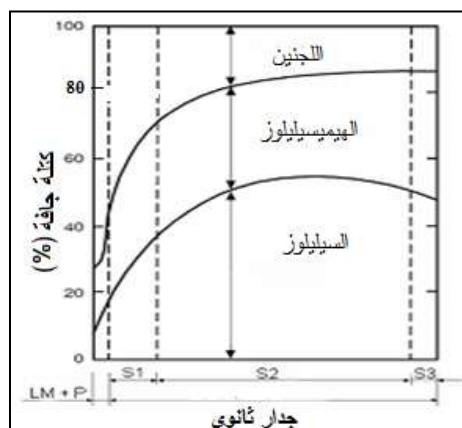
(b) ألياف الخشب [15،16]

الجدار الذي هو الغلاف النباتي، يتكون أساسا من البكتين، اللجنين ومركبات كيميائية مختلفة. الجزء الثاني يتكون من ثلاث طبقات (S1، S2، S3) وتشكل الغالبية العظمى من حجم الليف. ويتألف من لبيفات مجهرية، اللجنين والهيميسيلولوز. كما أن اللبيفات المجهرية للسيليلوز لديها بنى جد متبلورة وعالية التوجه وتتجمع في حزم من اللبيفات (بمساعدة البكتينات واللجنين والهيميسيليلوزات مشكلة لبيفات متماثلة (mésosfibrilles)).

باستخدام المجهر الإلكتروني النافذ (MET)، فإن مختلف الطبقات لجدار الخلية النباتية يمكن الكشف عنها بسهولة، وذلك حسب الألياف المدروسة، ويمكن كذلك تقدير سمك كلا منها (الشكل 4) كما أن المكونات الكيميائية لمختلف الطبقات لجدار الخلية هي موضحة في الشكل (5). ويمكن أن نلاحظ بأن نسبة السيليلوز تكون مهمة في الطبقة (S2) مقارنة بالطبقة (S1). كما أن الطبقة (S2) هي الأكثر سمكا في الليف النباتي.



الشكل(4): صورة (MET) لمختلف طبقات ليف نباتي.[19].



الشكل(5): مكونات الجدران الخلوية للليف من الخشب [20].

إن الليفيات المجهرية لديها ترتيب حلزوني، كما أن الزاوية التي بين الليفيات والمحور الطولي هي من بين العوامل الأكثر تحديدا للخصائص الميكانيكية للألياف النباتية [21]. لقد قام أحد الباحثين وهو الحسيني ، بتسليط الضوء على تأثير زاوية الليفيات المجهرية على خصائص الشد لألياف الخشب، وتوصل إلى أنه من أجل زوايا تتراوح بين 1° إلى 46° فإن إجهادات القطع (σ_r) ومعامل المرونة (E) يتناقصان. وكلما كانت الزاوية ضعيفة كلما كانت الخصائص الميكانيكية أفضل [22].

2.5.I. البنية الكيميائية:

يعتبر التركيب الكيميائي للألياف النباتية مهما لاستخدامها في تحضير المركبات. وتتميز الألياف النباتية من خلال التركيبة الكيميائية، والتي تؤثر بشكل كبير في متانتها وخاصة في الأوساط القلوية. ويتكون التركيب الكيميائي للألياف النباتية من ثلاثة عناصر رئيسية وهي: السليلوز، الهيميسيليلوز واللجنين، وهناك أيضا نسبة صغيرة: من المواد القابلة للاستخلاص بالمذيبات العضوية، والبروتينات والنشا وبعض المنتجات غير العضوية. إن نسبة الهولوسيليلوز (المكون من السليلوز والهيميسيليلوز) واللجنين تتغير حسب طبيعة ومصدر هذه الألياف كما أن مكونات الألياف تتعلق بشروط النمو، وعمر النبات والظروف المناخية وطبيعتها [23]. وبصفة عامة، فإنه يمكن القول بأن الكمية الغالبة تقريبا هي للسليلوز بنسبة تتراوح بين 30-40 % وقد تكون أكبر في بعض الأحيان كما هو الحال في القطن. نسبة اللجنين تتراوح ما بين 10-30 % وقد تتغير حسب نوع النبات و 20-30 % نسبة الهيميسيليلوز. هذين المكونين الأخيرين اللذين هما بوليميرين غير متجانسين (hétéropolymères) يشكلان كميات متغيرة كثيرا وذلك حسب نوع النبات [24] كما أن الخصائص الميكانيكية والفيزيائية للألياف الطبيعية تتعلق أيضا بالمكونات الثلاثة الهولوسيليلوز واللجنين. وهي تتغير بصورة معتبرة. هذه الخصائص تكون محددة بالتركيبة الكيميائية والبنية التي تتعلق بالمصدر الذي تستخلص منه الألياف (الأوراق، البذور أو السيقان...) [25].

عموما يشكل السليلوز المكون الأساسي في الألياف، كما أن له البنية الأبسط في مكونات الجدار الخلوي. وبسبب بساطة السلسلة السيليلوزية (عدم وجود أي تفرع حجمي أو معقد) فإن الماكروجزينات تتراص بسهولة مكونة مناطق بلورية. إن السليلوز يساهم في قوة وصلابة الليف بسبب السلاسل الموجهة بشدة. الخصائص الميكانيكية للألياف الطبيعية تتعلق كذلك بنوع السليلوز، حيث أن كل نوع له بنية هندسية خاصة، والشروط الهندسية تحدد أيضا هذه الخصائص [26]. إذا كان من الممكن أن نعتبر السليلوز كعامل تقوية (عامل هيكلية)، فإنه عند ذلك يمكن للهيميسيليلوز واللجنين أن يلعب دور مادة رابطة. الهيميسيليلوز يتكون من مونو سكاريدات وأحماض السكر. وكتلته المولية أقل بكثير من كتلة السليلوز والبعض من هذه الجزيئات يكون متشعبا، مما يجعل تكوين الشكل البلوري أمرا صعبا. ونتيجة لهذا فإن البوليمير يكون في الهيميسيليلوز من نوع لابلوري. يتميز الهيميسيليلوز بأنه محب للرطوبة ويلتصق بمساحة السليلوز عبر روابط هيدروجينية. كما أن له روابط قوية مع اللجنين. يعتبر الهيميسيليلوز هو المسؤول عن التحلل العضوي، امتصاص الرطوبة، التحلل الحراري. بالنسبة للجنين يكون مستقرا حراريا، إلا أنه يتحلل تحت تأثير الأشعة فوق البنفسجية [27]. اللجنين هو جزيء معقد ثلاثي الأبعاد غير بلوري، ويتكون من مجموعات فينيلية، تركيبها الكيميائية غير معروفة بشكل جيد. يمتاز اللجنين بأنه كاره للرطوبة ويضيف صلابة على خلية الليف النباتي المعبأة في مناطق بلورية.

3.5.I. بنية ومورفولوجية الألياف:

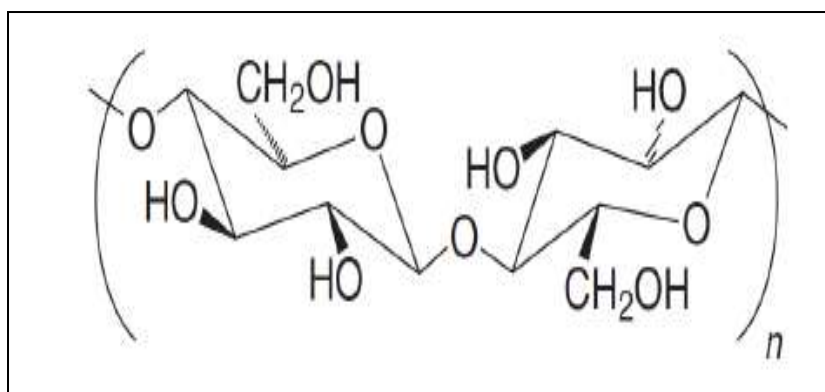
يتكون الجدار الخلوي النباتي من ليفيات دقيقة حيث يكون كل ليف على شكل مركب متعدد الطبقات، حيث يلعب الليجنين والهيميسيليلوز دور المصفوفة التي تحيط بعنصر بنيوي صلب جدا وهو السيليلوز [22] تتكون البنية البيولوجية للألياف أساسا من الهولوسيليلوز وهو عبارة عن السيليلوز و الهيميسيليلوز والخشبين (الليجنين) والدباغ (البكتين) [23] وبنسبة أقل تحتوي الألياف مواد قابلة لاستخلاص بروتينات وبعض المركبات [24]. كما أن نسبة الهولوسيليلوز و الليجنين تختلف وفق طبيعة الألياف النباتية (الخشب، القنب، قصب السكر...).

بصفة عامة، فإن بنية الألياف غير متجانسة الأجزاء والصغيرة منها عبارة عن خيوط سيليلوزية أو ليفيات طولها من 2 إلى 5mm وقطرها من 5 إلى 10 μ m، هذه الأخيرة مرتبطة فيما بينها بالهيميسيليلوز لتكون الليف [28].

6.I. المكونات الأساسية للألياف النباتية:

1.6.I. السيليلوز: (cellulose):

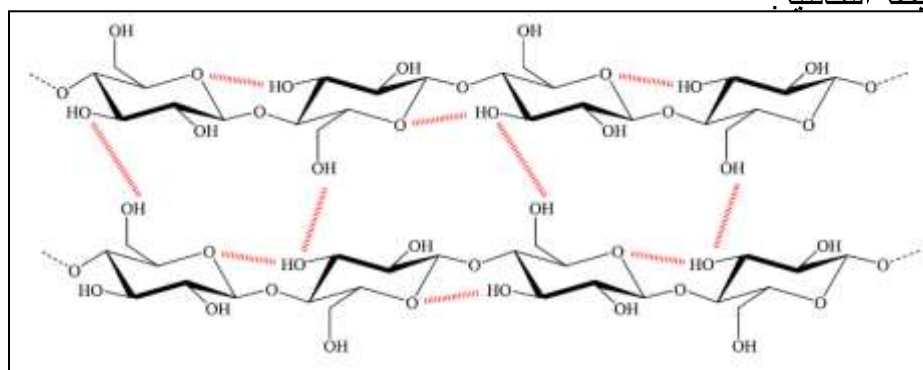
يعتبر السيليلوز المكون الرئيسي للجدار الخلوي للنباتات، هذا البوليمير الغلوسيدي يشكل البنية الأساسية للعديد من النباتات، نسبته تتغير حسب نوع النبات حيث يوجد بنسبة 40 % في الخشب ومن 80 إلى 85% في القطن [17، 23، 27]. السيليلوز هو جزيء مجهرى ذو سلسلة طويلة من حلقات غلوكوبيرانوز مع رابطة غليكوزيدية من (1-4) β ، الوحدة الأساسية المتكررة تتكون من ارتباط غليكوزين وتسمى السيلوبايوز كما هو موضح في الشكل (6).



الشكل (6): بنية جزيء السيليلوز [18].

من خلال الشكل (7) والذي يوضح بنية ليف السيليلوز يتبين أن مجموعات الهيدروكسيل المتعددة هي المسؤولة عن السلوك والصفات الفيزيوكيميائية للسيليلوز، ولها القدرة على تشكيل نوعين من الروابط الهيدروجينية وذلك حسب موقعها في وحدة الغليكوز، هذه الروابط الهيدروجينية يمكن أن تتواجد بين وظيفتي هيدروكسيل متجاورتين في نفس السلسلة السيليلوزية بين الروابط التي توجد داخل الجزيئات أو بين سلسلتين متجاورتين للروابط بين الجزيئات، هذه الأخيرة هي المسؤولة عن تكوين اللييفات الدقيقة [29]، وهناك روابط هيدروجينية أخرى يمكن أن تربط جزيئات الماء بالسيليلوز بروابط قوية، يعتبر السيليلوز جزيئة مجهريّة لييفية، تتكون من منطقة بلورية مرتبة ومنظمة ومنطقة لابلورية غير منظمة، وحسب المعالجات التي يخضع لها السيليلوز الأم، فإن ترتيبات بلورية أخرى يمكن أن تحدث [30].

حسب هاتشي ورفقاؤه (D.HATSCH) [31]، فإن السيليلوز يتكون من 1000 إلى 10000 ناتج من D (D-glucose) -غليكوز، كما أن ألياف السيليلوز تتكون من 500 000 جزيئة سيليلوز تقريبا، هذه البنية تحوي حوالي 2.5 مليار هيدروجين وهي تفسر مدى قوة السيليلوز على الرغم من أن الرابطة الهيدروجينية أقل 10 مرات من الرابطة التكافئية.



الشكل (7): الروابط الهيدروجينية داخل وبين الجزيئات في ليف السيليلوز.

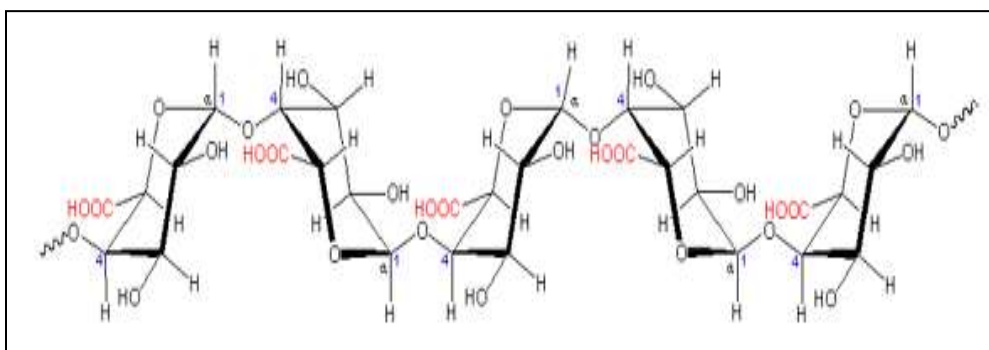
2.6.I. الهيميسيليلوز (hemicellulose)

الهيميسيليلوز عبارة عن جزيئات مجهريّة متعددة السكريد (polyosides) غير سيليلوزية متواجدة في الجدار الخلوي للنبات (الشكل 8) وهو ينحل في الماء، ويشكل 15-30 % من المادة الجافة [32]، يشكل الهيميسيلولوز المصفوفة الحاملة للييفات السيليلوز [33]. كما أنه يختلف عن السيليلوز من ثلاثة جوانب: الأولى أنه يتكون من سكريات متعادلة وهي الكزيلوز، أرابينوز، الجالاكتوز والجلوكوز، المانوز، وأحماض الإيرونيك في حين أن السيليلوز لا يحتوي سوى على وحدات من (1,4-βD-). الثانية أنه يمثل درجة كبيرة من الروابط التي تحتوي على مجموعات جانبية من أصلها ذات طبيعة غير بلورية. وأخيرا ففي حالته الطبيعية، لديه

درجة من البلورة تتراوح بين 50 و 300، في حين أن السليلوز الأصلي هو أعلى من 10 إلى 100 مرة من الهيميسيلولوز. كما أن هذا الأخير هو محب للرطوبة بشدة وقابل للذوبان في الوسط القلوي، ويتميز بسهولة في الأحماض [34،35]. بالإضافة إلى ذلك فإن الهيميسيلولوز لديه بنية كيميائية مختلفة جدا وذلك حسب مصدر النبات، النوع الخلوي، الموقع في الجدار

الشكل(8): بنية جزيء الهيميسيلولوز [36،37].

3.6.I البكتين (Pectine) : تتواجد المركبات البكتينية (الهلامية) بنسب مختلفة في أغلب النباتات (حوالي 1% في الخشب)، وتعتبر البكتينات هي المركبات الأكثر هيدروفيلية في الألياف النباتية بسبب وجود مجموعات حمض الكربوكسيليك كما يوضح الشكل(9). وهي تضمن الالتصاق بين مختلف الخلايا وهي تلعب دور الملاط داخل الخلية (intracellulaire) وتساهم في التماس النسيج النباتي [38]. تستخلص من الألياف بطريقة كيميائية، سواء بالماء المغلي [39] أو بحمض إيثيلين ديامين تترأ أسيتيك (EDTA) [40].

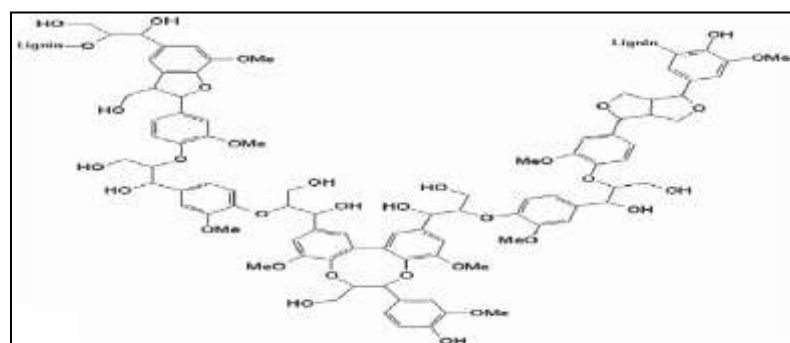


الشكل(9): بنية سلسلة من البكتين (حمض البولي جالاكتيرونيك)

أما على المستوى البنيوي فإن البكتينات هي متعددة السكريات/الجليكوز الذي يكون هيكله خطي ويتكون أساس من تسلسل وحدات حمض (α -D-جلالكترونيك) تترايط فيما بينها بروابط تتقاطع بوجود وحدات من (L - رامنو بيرانونز) [41].

4.6.I . الليجنين (lignine) :

يعتبر الليجنين مادة عضوية قابلة للتجدد متواجدة بكثرة على سطح الأرض كما ان الليجنين الأولي (protolignine) هو الجزء غير السكري الأكثر أهمية في الألياف النباتية (الشكل 10) [18،42]. كما أنه يساهم في الصلابة البنيوية للجدران الخلوية ويحمي النباتات من أن تهاجم بواسطة الكائنات الحية المسببة للأمراض ويتوزع في كل شيء في الجدار الخلوي الثانوي مع التركيز الأكبر في الوسط حوالي 70% منه يكون موجود في الجدار الثانوي. ويعتبر الليجنين في النباتات بمثابة إسمنت في المصفوفة سيليلوز/ هيميسيليلوز. لذلك عادة ما يوصف بأنه هو المادة اللاصقة لجدار خلية النبتة. كما يشارك أيضا في تشكل الهيميسيليلوز [43]. الليجنين عبارة عن جزيء ذو ثلاث أبعاد يتكون من وحدات فينيل بروبان الوحدات الأساسية (monolignols) التي تشكل الليجنين هي الكحول الكونيفيريليك، الكحول سينابيليك والكحول الكوماريليك .



الشكل 10: جزيء ليغنين مكون من وحدات فينيل بروبان

دور الليجنين يتركز في سد الفراغات بين اللييفات الدقيقة ويلعب دور الملاط ليمنح النبات (الخشب) مقاومته وتماسكه وتراصه، هذا البوليمير ذو وحدة (فينيل بروبان) لا ينحل في الماء والأحماض والمذيبات العضوية الشائعة لكن تتحلل جزئيا في المحاليل القلوية [45].

5.6.I . المستخلصات البسيطة: (Extractibles simples)

هذه المستخلصات عبارة عن مركبات قابلة للانحلال في المذيبات العضوية (إيثر البترول،ميثانول، ثنائي كلوروميثان...) أو في الماء، وهي تحتوي تشكيلة واسعة من المواد الكيميائية (الآلاف منها)، أغلبها ذات وزن

جزئي ضعيف، منها المُحبة للرطوبة أو الكارهة للرطوبة، هذه الأخيرة ليست مكون أساسي حيث تتواجد بنسبة 2 إلى 8 % من المادة الجافة .

6.6.I. التانينات:(tannins)

تصنف عادة ضمن عائلة المستخلصات، وهي تشكل من 2 إلى 5%، وفي الواقع هذه المركبات الملونة تستعمل في مصانع دباغة الجلود. ينقسم التانين إلى مجموعتين : تانينات قابلة للتنمية، تانينات متكاثفة [46].

7.6.I. المواد غير العضوية:

المكون غير العضوي يساهم عادة في تكوين الرماد، والذي هو مقياس تقريبي لكمية الأملاح المعدنية وبعض المواد غير العضوية في الألياف بعد حرقها عند درجة حرارة 575°C. كما أن كمية هذه المواد تزداد في النباتات التي تحتوي على كمية كبيرة من السيليس [43].

8.6.I. الشموع:

الشموع هي ليبيدات توجد في طبقة رقيقة خارج السيقان. ولها عدة وظائف مثل المقاومة الفيزيائية ضد الظروف البيئية غير الملائمة والحشرات. بنية الليبيدات يمكن أن تكون جد معقدة ولكن من بين الليبيدات الأكثر شيوعا توجد الهيدروكربونات ، أسترات الشمع، السيتونات، الكحولات والأحماض الدسمة [47]. يمكن لبنية ومكونات طبقة الشموع أن تتغير على طول النبات والساق. كما يمكن استخلاص الليبيدات بواسطة محاليل عضوية. تتكون هذه المواد من أنواع مختلفة من الكحول غير قابلة للذوبان في المياه والأحماض المختلفة مثل حمض البالمتيك، حامض انتاج الزيت (l'acide oléagineux) وحمض الستياريك [48]. تتميز الشموع بأنها هيدروفوبية تماما ، ومقاومة للماء والغاز كلية. مما يحد من نتح النباتات، فهي التي تحمي خلية النبات من فقد الماء.

7.I. ألياف النخيل:

تحتل أشجار النخيل مكانا مهما في مناطق الواحات والصحاري، وبفضل مورفولوجيتها المتميزة تمكنت من التأقلم في هذه المناطق ذات المناخ الصعب [49،50] . وهناك إثنا عشرة نوعا من النخيل، وجل هذه الأنواع تنتج ثمارا تستهلكها الطيور أو الحيوانات الأخرى، إلا نوع (Phoenix dactylifera.L.) التي تزرع وتعطي ثمارا

يستهلكها الانسان والتي تميز الواحات ذات المناطق الجافة. كما يعتبرها المصريون القدامى رمزا للنماء ، واعتبرها آخرون كشجرة للحياة [51] .

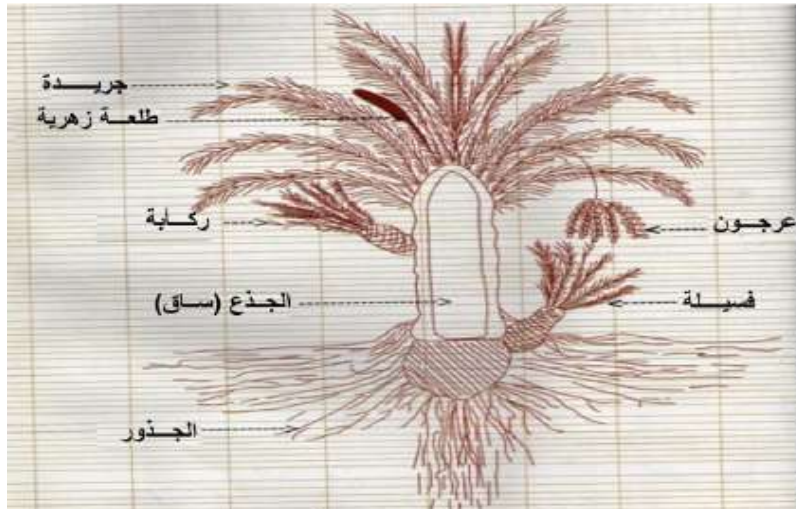
1.7.I. تصنيف نخيل التمر:

الاسم العلمي لنخيل التمر هو فينيكس داكيتيليفيرا (Phoenix dactylifera.L.) وتنقسم إلى جزئين الأول فينيكس يقصد بها الاغريق في عصور ما قبل التاريخ شجرة الفينيقيين ، أما القسم الثاني داكيتيليفيرا مشتق من كلمة داكيتيلوس التي تعني الأصابع [52]. تضم العائلة النخيلية (arecaceae) حوالي 240 جنسا وحوالي 4000 نوعا [53] تنتشر في المناطق المدارية وشبه المدارية. وصنفت حسب [54].

- الفرع: مغلفات البذور (Angiosperme)
- الصنف: وحيدة الفلقة (Monocotylédones)
- الرتبة: النخيليات (Palmaceae)
- الفصيلة النخيلية (Arecacea)
- الجنس: النخيل الريشي (Phoenix)
- نوع نخيل التمر
- (Phoenix dactylifera)

2.7.I. الوصف النباتي لشجرة نخيل التمر:

الوصف المورفولوجي مهم لدراسة مكونات النخلة والتعريف بمميزات هذه الشجرة التي تنمو بمنطقة ذات طابع خاص [55] وهي تتكون أساسا من ثلاث مجاميع المجموع الجذري ، المجموع الخضري والمجموع الزهري كما يبين الشكل (11).



I. 3.7. المجموع الجذري: الشكل(11): الاجزاء الخضرية لنخيل التمر[56]

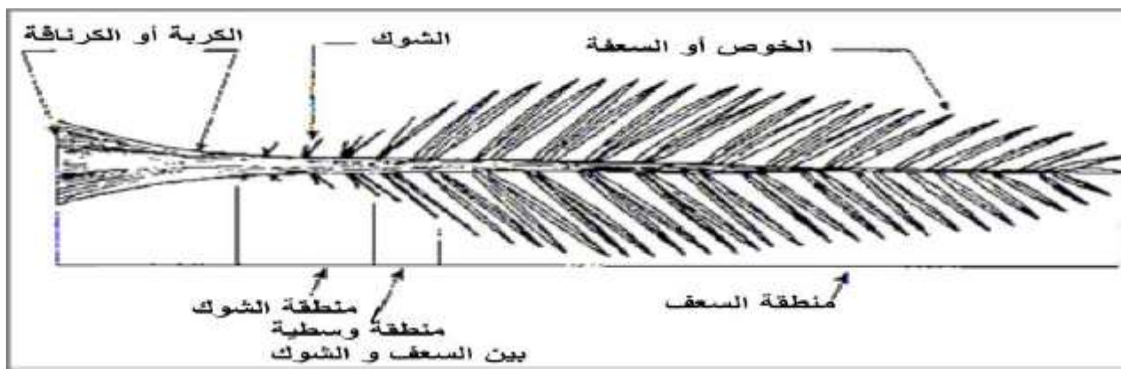
تعتمد نخلة التمر على المجموع الجذري في امتصاص الماء والغذاء من التربة، وهي جذور عرضية ليفية تنشأ عادة من المنطقة المحيطة عند قاعدة الجذع وبأعداد كبيرة، وتتفرغ منها جذور ثانوية متساوية القطر متعمقة تصل الى ثلاث أمتار وقليل منها يصل الى سبعة أمتار حسب عمر وحيوية الشجرة وقوام التربة.

I. 4.7. المجموع الخضري:

الجذع أو الساق (STIPE) :

الجذع اسطواني الشكل متصلب، ذو لون بني يمتاز بغطاء من الكرناف (Graine pétioleire) (بقايا الجريد المقطوع في السابق) والذي يتخلله ليف [57].

الجريد (Palme): الجريدة هي اوراق مركبة ريشية الشكل تبدأ بكرناف يخفي حشوة كثيفة (ليف) [54]، والنخلة النابتة من بذرة تنتج ثلاث انواع من الاوراق: أوراق فتية، أوراق نصف فتية وجريد كامل النمو (الشكل 12).



الشكل(12): مكونات الجريدة[58].

البرعم: يوجد في أعلى النخلة برعم طرفي وحيد يتسبب في نموها، وحول هذا البرعم تلتف الاوراق ويحيط بها نسيج ليفي يتشكل في داخله كتلة بيضاء هشة ذات عصارة حلوة المذاق تسمى الجمارة [59].

الفسائل: الفسيلة عبارة عن نبتة صغيرة قابلة للغراسة للحصول على نخلة جديدة [57]. وكما تنمو الفسيلة من برعم يوجد بالقرب من أو تحت التربة، وعندما تكبر الفسيلة في العمر يصبح لها مجموع جذري خاص بها ومن ثم يمكن فصلها عن النخلة الأم [59].

5.7.I. المجموع الزهري:

تنشأ زهرات النخيل من براعم جانبية في قممها بين الجريد، والنخيل أحادي الجنس تمتاز بمعلق (Péduncule) قصير جدا وتكون الأزهار محمولة على شماريخ (Pédicelle) حيث تتجمع بشكل سنبل، والاعريض أو الطلع (Spadice) يمتاز بغلاف (Spathe) سميك [52].

العرجون: مع زيادة ثقل الثمار يتقوس المجموع الثمري وتتدلى الشماريخ للأسفل وتسمى بالعرجون الذي يختلف طوله من 0.25 إلى 2 m ، والشماريخ هي عبارة عن أعواد رفيعة طولها من 10 إلى 100 cm الجزء العلوي منها مستقيم والجزء السفلي متعرج تنتظم عليه حبات التمر [60]، وتبدأ النخلة بالانتاج عندما يصل عمرها إلى سبع سنوات [57].

I. 8. معالجة الألياف النباتية.

للألياف إيجابيات كما ذكرنا سابقا مثل الخفة وقلة التكلفة وصديقة للبيئة.. ، مما يجعلها تستعمل في تقوية البوليميرات غير أن هناك بعض السلبيات التي تحد من استعمالها في مجال تحضير المركبات نذكر منها:

- الطبيعة الهيدروفيلية للألياف يؤدي إلى صعوبة في توزيع الألياف في المصفوفة، مما يؤدي إلى اضطراب في خصائص المركب الناتج.

- مقاومة الألياف الضعيفة للجراثيم، وحساسيتها للتسوس. تطرح مشكلا كبيرا أثناء نقلها، والتخزين والمعالجة وتحضير المركبات؟

- عدم التجانس وتنوع الأبعاد والخصائص الميكانيكية (حتى بين النباتات التي هي من نفس النوع) تطرح أيضا مشكل آخر [61].

- إمتصاصها للرطوبة.

- وفرتها متغيرة: ونقصد بذلك أنها موسمية، فغالبا مايكون هناك موسم حصاد واحد وبالتالي فإن النبات قد يكون غير متوفر خلال الفترة التي يكون فيها القطاع المستفيد بذلك في أقصى إنتاجه وعلى سبيل المثال قطاع السيارات
- تبدأ بالتدهور عند درجة $200^{\circ}C$ وهذا مما يسبب في صعوبة الاسترجاع المادة المركبة : حيث أنه من الصعب فصل الألياف .

- خصائص متغيرة بدرجة كبيرة: وذلك نظرا لتغير منطقة مصدر النبات، زمن الحصاد ، طريقة إستخلاص الألياف والتي تكون سببا في تحطيمها في أغلب الأحيان.

I. 1.8. امتصاص الرطوبة:

الألياف الطبيعية الليجنوسيليلوزية لها خاصية هيدرو فيلية تجعلها حساسة للرطوبة، كم أن ظاهرة الإنتفاخ الناتجة عن إمتصاص الرطوبة للألياف الطبيعية تتأثر عموما بمورفولوجية الألياف والبنية الفيزيائية والكيميائية لها . تتغير أبعاد الألياف الحيوية مع اختلاف محتوى الرطوبة لأن الجدار الخلوي يحتوي على مجموعة الهيدروكسيل ومجموعات أخرى فيها الاوكسجين ، والتي تجذب الرطوبة من خلال الرابطة الهيدروجينية [62] ، تعتبر الهيموسيليلوزات هي المسؤولة أساسا عن امتصاص الرطوبة ونفوذ الماء من خلال الألياف الطبيعية يمكن أن يتم بعملية الإمتصاص الشعيري [63] كما أن المواد الشمعية الموجودة على السطح تساعد على تخزين جزيئات الماء على الألياف . إن الطبيعة المسامية للألياف تمثل المنطقة الأكبر إمتصاصا للرطوبة . مجموعة الهيدروكسيل ($-OH$) في السيليلوز والهيميسيليلوز و الليجنين تشكل عددا كبيرا من الروابط الهيدروجينية بين الماكرو جزيئات في جدار الخلية للألياف النباتية . عندما تعرض الألياف النباتية للرطوبة فإن هذا يؤدي إلى كسر الروابط الهيدروجينية في مجموعة الهيدروكسيل ثم تشكيل روابط هيدروجينية جديدة مع جزيئات الماء ، مما يحفز انتفاخ الألياف [64] ، عموما نسبة الرطوبة في الألياف الطبيعية تتراوح ما بين 5 و 10% هذا يمكن أن يؤدي إلى تغيرات في أبعاد المواد المركبة كما يؤثر أيضا على الخصائص الميكانيكية لها . لهذا السبب فإن إزالة الرطوبة من الألياف ضروري جدا قبل إعداد المواد المركبة . كما يمكن التخفيض من إمتصاص الرطوبة من خلال التعديلات السطحية المناسبة للألياف الطبيعية.

I. 2. 8. طرق المعالجة:

إن طبيعة الرابطة للطور البيني بين الألياف الليجنوسيليلوزية والمصفوفة ، هي التي تحدد الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للمواد المركبة . كما أن طبيعة العنصر السيليلوزي هي أيضا تساهم في نوعية الخصائص

للطور البيئي [65]. المكونات الرئيسية للألياف النباتية (السيليلوز ، الهيميسيليلوز ، الليجنين) تحتوي على مجموعات الهيدروكسيل. هذه الأخيرة هي مصدر الخاصية الهيدروفيلية للألياف النباتية إلا أن المفارقة بين الألياف والتي هي عالية الهيدروفيلية هاته الخاصية تتسبب في نقص كبير في الالتصاق بين الألياف والمصفوفة [66]. على الرغم من ذلك إلا أنه من الواضح أن إيجابيات الألياف تفوق مساوئها ولتحسين الاستقرار والتوافق بين الألياف والمصفوفة وكذلك للتحسين من خصائص المركبات... فإنه يمكن إجراء تعديل لسطح الألياف بطرق فيزيائية وكيميائية.

1.8.1.2 . المعالجات الفيزيائية:

هناك عدة طرق تستعمل في المعالجة الفيزيائية للألياف تقتصر فقط على طريقتين هما:

1- الطريقة الميكانيكية: في هذا النوع من المعالجة تستعمل الطريقة اليدوية، في البداية، المناطق التي تحتوي على بعض العقد أو العيوب تزال كذلك الطبقات الرقية السطحية للألياف، وبعدها يتم تشكيل حزم من الألياف لها نفس الطول وتوضع في الماء لمدة قصد تليينها وذلك بهدف فصل الألياف عن بعضها البعض باستعمال ماشط معدني، تكرر هاته العملية حتى الحصول على ألياف مفصولة عن بعضها البعض قدر الإمكان [67].

2- طريقة التصفيح أو الضغط: تقطع الألياف إلى قطع صغيرة ثم بعد ذلك تسحق تحت ضاغط أو بالتصفيح أو باستعمال الطريقتين معا ، هذه العملية تكرر عدة مرات إلى غاية ماتصبح الألياف منفصلة على بعضها البعض بأكبر عدد ممكن [68].

1.8.2.2 . المعالجات الكيميائية للألياف النباتية:

إن المعالجات الكيميائية للألياف النباتية تعتبر معالجات للسيليلوز لأنه المكون الأساسي والغالب للألياف النباتية. تحطيم الروابط الهيدروجينية بين وداخل الجزيئات يسهل عملية المعالجة الكيميائية لأنها تحرر مجموعة الهيدروكسيل التي تصبح أكثر فعالية، و تهدف إلى تحسين الالتصاق مع المصفوفة، هناك العديد من البحوث التي أجريت في هذا المجال [69،70]

سنعرض بعض المعالجات الكيميائية للألياف النباتية الأكثر استعمالا، و التغيرات المهمة الناتجة عن هذه المعالجة .

أ. المعالجة القلوية: هناك طريقتين كيميائيتين تستخدمان في أغلب الأحيان في معالجة الألياف السيليلوزية المستعملة في تقوية المركبات وهي:

1- المرسرة (Mercerisation): هي طريقة كيميائية قديمة اخترعها جون ميرسر (John Mercer) في عام 1890 لعلاج أقمشة من القطن (السيليلوز) لتحسين الخصائص الفيزيوكيميائية للألياف. هاته التقنية تستخدم عادة في صناعة منسوجات القطن. وهي عبارة عن معالجة قلوية في درجة حرارة عالية والتي يمكن أن تطبق في حالة الألياف النباتية. يتم تحسين بعض الخصائص الميكانيكية والامتصاص بفضل هاته الطريقة. استخدم كلا من سريكالو وتوماس (Sreekala et Thomas) [71] المرسرة للألياف النخيل بواسطة محلول من هيدروكسيد الصوديوم تركيزه 5% لمدة 48 ساعة. وقد أدى ذلك إلى تغيير البنية البلورية للألياف، وبالتالي في طبيعة امتصاص الرطوبة لهذا الأخير.

أ- المعالجة بالصودا:

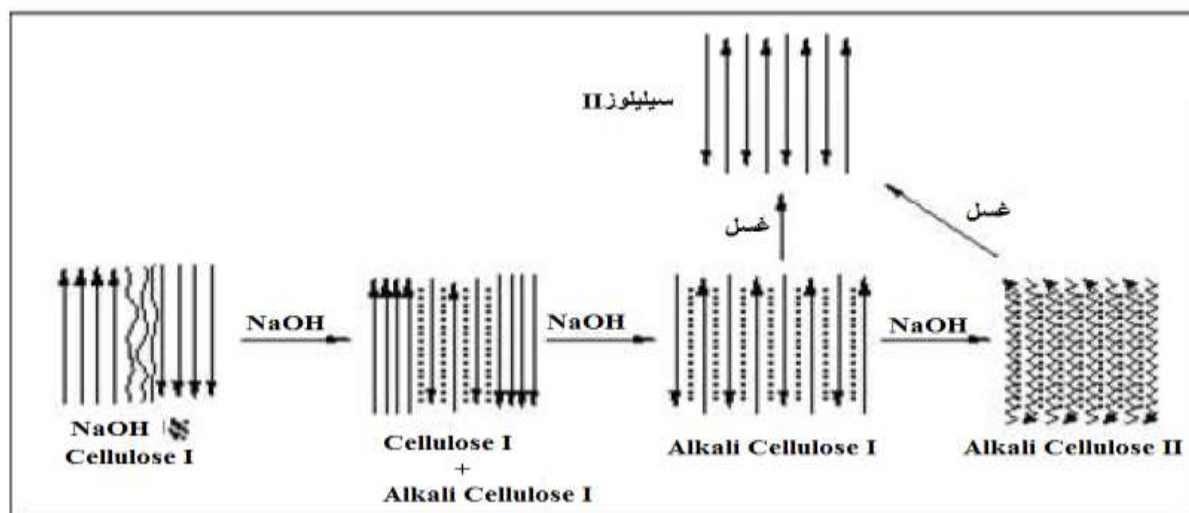
المعالجة القلوية هي إحدى الطرق الكيميائية الأكثر استعمالا في معالجة الألياف الطبيعية التي تستعمل في تقوية المواد المركبة [71-74] هناك تغير هام ناتج عن هذه المعالجة، بحيث تنقص عدد الروابط الهيدروجينية الموجودة بين السيليلوز والمكونين الأساسيين: الهيميسيليلوز والليجنين، نتيجة انقطاعها في بنية الشبكة، مما يزيد من خشونة السطح [30]. وتؤدي إلى تأين مجموعة الهيدروكسيل متحولة إلى الكوكسيد، كما هو موضح في المعادلة (1):



إن طريقة المعالجة القلوية تعتمد أساسا على إخضاع الألياف لتفاعل مع محلول مائي من قاعدة قوية، بغية إحداث تورم هام للألياف ينتج عنه تغير في كل من البنية الدقيقة، الحجم، المورفولوجية والخصائص الميكانيكية للألياف [61،73] كما أن هذه المعالجة ينتج عنها تغير في تضاريس سطح الألياف وإزالة الشموع، وجزء من الليجنين والهيميسيليلوز. مما يجعلها مؤهلة لأن تكون كمادة تقوية للمواد المركبة. في الواقع، القضاء على هذه المكونات المذكورة سابقا هو ضروري لأن بسبب بنيتها غير المتبلورة، فإنها تؤدي إلى قوة شد منخفضة أكثر [61،74] بالإضافة إلى ذلك، بعد المعالجة بالصودا فإن الكثير من مجموعات الهيدروكسيل (OH-) تبقى على سطح الألياف ويمكن بالتالي معالجتها بسهولة مع مكونات أخرى مثل السيلان، حمض الخل... إلخ إن تأثير الصودا على

الألياف السيليلوزية هو تفاعل تورم ،حيث من خلاله تتمدد البنية البلورية الطبيعية للسيليلوز [75]. السيليلوز الأصلي (مثلما هو موجود في الطبيعة) يتميز بشبكة بلورية من السيليلوز (I)، والذي يمكن أن يتحول إلى عدة أشكال (Polymorphes) بمعالجات كيميائية وحرارية.

إن نوع المحلول القلوي (LiOH ، KOH ، NaOH) وتركيزه يؤثر على درجة تورم الألياف وعملية التحول إلى السيليلوز (II). إن شوارد الصوديوم لديها قطر ملائم وقادرة على توسعة الفراغ الموجود بين المستويات البينية والنفاذ فيه [61]، وهذا يؤدي إلى تشكل شبكة من (Na-cellulose-I) يوضح الشكل (13) أن هاته الشبكة تضم مسافات كبيرة نسبيا بين جزيئات السيليلوز كما أن الفراغات المستحدثة تكون مملوءة بالماء ، في هذه البنية ، مجموعات الهيدروكسيل ($-\text{OH}$) تتحول إلى مجموعات ($-\text{ONa}$) والتي تقوم بدورها إلى توسعة أبعاد الجزيئات كما أن الماء المستعمل في غسل الألياف بعد معالجتها بالصودا يؤدي إلى نزع روابط الشوارد (Na^+) ومحو السيليلوز إلى بنية بلورية جديدة ، هي السيليلوز (II) [61] الصودا تسمح بتحول كامل لشبكة السيليلوز (I) إلى السيليلوز (II)، وذلك عكس المحاليل القلوية الأخرى والتي تؤدي إلى تحول جزئي للشبكة . كما تؤدي إلى ظهور الليفيات وخشونة السطح مما يسهل عملية الالتصاق الميكانيكي غير أنه عندما يكون هيدروكسيد الصوديوم بكميات معينة فإنه قد يؤدي إلى تخفيض بلورية الألياف. لذلك فإن تحسين الخصائص الميكانيكية لها يتعلق بشدة بالحفاظ على بلوريتها أثناء المعالجة [76].

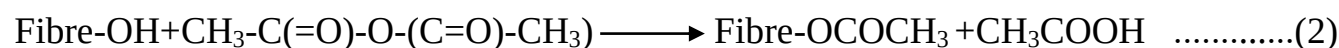


الشكل (13): بنية السيليلوز (I) والسيليلوز (II).

تتم معالجة الألياف بغمسها في محلول من الصودا لمدة معينة من الزمن، مع الأخذ بعين الاعتبار نوع النبات، نقاوة السيليلوز، تركيز الصودا المستعمل، زمن المعالجة وذلك حتى نتفادى إتلاف الألياف. إنه ونتيجة المعالجة القلوية للألياف في زمن قصير فقد تم تحسين - وإلى حد كبير - من الخواص الميكانيكية للمركبات المقواة بالألياف، كذلك فإن المعالجة القلوية تؤثر مباشرة على ليبفات السيليلوز، درجة البلمرة واستخلاص مركبات الليجنين والهيميسيليلوز [77]، في حالة هذه المعالجة تغمس الألياف في محلول الصودا لمدة زمنية محددة، راي ورفقاؤه (Ray et al) ومشر ورفقاؤه (Mishra et al) عالجا الجوت والسيال بمحلول من الصودا تركيزه 5 % لمدة 2 سا و 72 سا عند درجة حرارة الغرفة [74،78]. هناك معالجات مشابهة أجريت من طرف موريزون ورفقاؤه (Morrison et al) لمعالجة ألياف الكتان [79]. جارسيا ورفقاؤه (Garcia et al) ذكروا أن معالجة الألياف باستعمال محلول من الصودا تركيزه 2 % عند الدرجة 200°C وتحت ضغط 1,5 ميغاباسكال تكون مناسبة لإزالة الصمغ من الألياف وتليفها إلى ألياف فردية. هؤلاء الباحثون لاحظوا بأن المعالجة تؤدي إلى زيادة كمية السيليلوز غير المتبلور على حساب السيليلوز البلوري [80]، كما تفيد التقارير أن المعالجة القلوية لها تأثيرين على الألياف: أولا تزيد من خشونة السطح وثانيا تزيد من كمية السيليلوز المتعرضة في سطح الألياف وبالتالي زيادة عدد مواقع التفاعل الممكنة [81].

ب- المعالجة بالأسيلة:

الأسيلة هي تفاعل يوجد فيه مجموعة وظيفية أستيل ($\text{CH}_3\text{COO}-$) في مركب عضوي. والأسيلة للألياف النباتية طريقة استرة معروفة. وهي تسبب تغليف للألياف السيليلوزية. يجري التفاعل بواسطة حمض الخل (CH_3COOH) لمعالجة الألياف قبل استعمالها مع أنهريد الأستيك ($\text{CH}_3-\text{C}(=\text{O})-\text{O}-(\text{C}=\text{O})-\text{CH}_3$) يتم عن طريق الاستبدال لمجموعات هيدروكسيل الموجودة في بوليميرات الجدار الخلوي مع مجموعات الأستيل، يحدث تغير في هذه البوليميرات بطريقة تصبح فيها ذات طبيعة هيدروفوبية [82]. تفاعل أنهريد الخليك مع الألياف مبين كما يلي:



يمكن لتفاعل الأسيلة أن يخفض من إمتصاص الرطوبة من طرف الألياف النباتية، كما يزيد من استقرار أبعاد المركبات. وتستعمل هاته الطريقة في معالجة سطح الألياف التي تستعمل كتعزيز في المركبات. [83،8271،]

ج- المعالجة بالبنزلة :

البنزلة هي تحول مهم في التحضير العضوي .كلوريد البنزويل (C_6H_5COCl) هو المركب الأكثر استعمالا في معالجة الألياف النباتية . التفاعل بين مجموعات الهيدروكسيل وكلوريد البنزويل موضح بالمعادلة (3) و (4) [83].هاته العملية تحسن من الالتصاق للواجهة البينية ألياف /مصفوفة ، وبالتالي تزداد مقاومة المركب بتناقص قدرته على امتصاص الماء ويتحسن الاستقرار الحراري له. جوزيف ورفقاؤه (Joseph et al) ونير ورفقاؤه (Nair et al) استعملوا محلول من الصودا وكلوريد البنزويل لمعالجة الألياف السيزال. ولاحظوا بأن الاستقرار الحراري للمركبات ذات الألياف المعالجة هي أكبر من المركبات ذات الألياف غير المعالجة [84،85] .



د- المعالجة بالبرمنغنات: برمنغنات البوتاسيوم هو مركب يحتوي على مجموعة (MnO_4^{-1}) وعند معالجة ألياف السيليلوز فإن البرمنغنات تؤدي إلى تشكيل جذر السيليلوز مع تشكل أيون (MnO_3^{-1}) ثم بعد ذلك شوارد (Mn^{+3}) شديدة الفاعلية هي المسؤولة على بداية البلمرة بالتثبيت [86] .



إن أغلب المعالجات يستعمل فيها محلول من برمنغنات البوتاسيوم (KMnO_4) (في الأسيتون) بتركيز مختلفة مع غمس الألياف لمدة من 1 إلى 3 دقائق ،وذلك بعد معالجتها بالصودا [87،83-90] ، لقد قام بول وآخرون (Paul et al) بغمس ألياف السيزال المعالجة بالصودا في محلول من برمنغنات البوتاسيوم بتركيز (0,033، 0,0625 ، 0,125%) في الأسيتون لمدة دقيقة ونتيجة لهذه المعالجة فإن الخاصية الهيدروفيلية للألياف تتناقص ، وكذلك المركب المقوى بهاته الألياف [87]. إن هذا التناقص يزداد كلما ازداد تركيز البرمنغنات، ولكن عند تراكيز أعلى من 1%، فإن ألياف السيليلوز تبدأ بالتفكك بسبب تشكل مجموعات قطبية بين الألياف والمصفوفة.

قائمة المراجع

- [1] M. Beckers (Celabor) et D. Garraý (Sirris) « Etude des fibres naturelles courtes pour composites » Fibres naturelles courtes v6 p.9(2014)
- [2] J. Široky, B. Široka and T. Bechtold « Alkali Treatments of Woven Lyocell Fabrics » University of Innsbruck, Research Institute for Textile Chemistry and Physics ,Austria,pp.179-204(2012) .
- [3] M. Bourgeois «fibre agrosourcées » Technique de l'ingénieur France,p.11 (2011).
- [4] Wambua, P., Ivens, J., Verpoest, I. Natural fibres: can they replace glass in fibre reinforced plastics? » Comp. Sci. Tech, Vol 63, pp.1259-1264(2003)
- [5] R. F. Robert « Bast and other plant fibres; Wood head Publishing Limited in association with The Textile Institute », Cambridge, Angleterre (2005)
- [6] C. Meirhaeghe « Evaluation de la disponibilité et de l'accessibilité de fibres végétales à usages matériaux enFrance» ;84p (2011).
- [7] P. Majumdar and S. Chanda. J. Agric; Biochem ;Vol 14 (1)&(2),pp29–33(2001)
- [8] C. Baley « Fibres naturelles de renfort pour matériaux composites» Techniques de l'Ingénieur. Ref. AM. 5 130 ,17p .(2013)
- [9] H. Demir, U. Atikler, D. Balköse, F. Tihminlioglu «The effect of fiber surface treatments on the tensile and water sorption properties of polypropylene–luffa fiber composites» Composite:applied science and manufacturing , A37, pp447-456(2006).
- [10] P. K. Banerjee et al.« Fibre. Text» Indian J Vol 27 ,pp.111–116(2002).
- [11] A.A. Klyosov « Wood-Plastic Composites» Wiley Inter science ,New Jersey (2007)
- [12] S. Kalia, , B.S. Kaith, , I. Kaur « Pretreatments of natural fibers and their application as reinforcing material in polymer composites » A review. Polym. Eng. Sci., Vol 49, pp.1253-1272(2009)
- [13] T. T.Loan Doan, S.L. Gao «Jute/polypropylène composites I. Effect of matrix modification» Compos. Sci. Technol. 66 pp 952-963(2006).

- [14] J. Vallade « Structure et développement de la plante. Morphogénèse et biologie de la reproduction des angiospermes » Dunod, Paris (1999)
- [15] K. Persson « Micromechanical modelling of wood and fibre properties » PhD thesis, Department of Mechanics and Materials - Lund University (2000)
- [16] J. O. Warwicker, R. Jeffries, R. L. Colbran, R. N. Robinson « Effect of Caustic Soda and Other Swelling Agents on the Fine Structure of Cotton » A Review of the Literature, Shirley Institute Pamphlet 93, St Ann's Press, England (1966)
- [17] A. Gandini, M. N. Belgacem « La Chimie Des Substances Renouvelables. L'actualité Chimique » pp 6-14 (2002).
- [18] S. Thiébaud « Valorisation Chimique De Composés Lignocellulosiques : Obtention De Nouveaux Matériaux » thèse doctorat INP Toulouse, France 194 p. (1995).
- [19] D. H. Page, F. El-Hosseiny « The mechanical properties of single wood pulp fibres. Part VI: Fibril angle and the shape of the stress-strain curve » Journal Pulp and Paper Science, Vol. 9, pp. 99-100 (1983)
- [20] M. D. Hossen Beg « The Improvement of Interfacial Bonding, Weathering and Recycling of Wood Fibre Reinforced Polypropylene Composites » Thèse de doctorat, University of Waikato, Hamilton, New Zealand (2007)
- [21] J. Reguant & M. Rinaudo « Etude bibliographique sur les matériaux issus de la biomasse végétale » Centre national de la recherche scientifique sur les macromolécules végétales, (1/09/98 - 31/05/99)
- [22] F. Michaud « Rhéologie de panneaux composites bois/thermoplastiques sous chargement thermomécanique: Aptitude au postformage » thèse, univ Bordeaux I, France (2003).
- [23] P. Jodin « Le Bois, Matériau d'Ingénierie. Association pour la recherche sur le bois en Lorraine » thèse doctorat Nancy, France 433 p. (1994)
- [24] R. M. Rowell, R. A. Young, J. K. Rowell « Paper and composite from agro-based resources » CRC Lewis publishers 446 p. (1996).
- [25] A. SBIAI « Matériaux Composites A Matrice Epoxyde Matériaux Composites A Matrice Epoxyde Chargée Par Des Fibres De Palmier Dattier : Effet De L'oxydation Au Tempo Sur Les Fibres » L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 250 p. (2011)
- [26] A. Kriker « Caractérisation Des Fibres De Palmier Dattier Et Propriétés Des Bétons Et Mortiers Renforcés Par Ces Fibres En Climat Chaud Sec » Thèse de Doctorat d'Etat ,

- ENP (2005)
- [27] S.Bouzouita «Optimisation Des Interfaces Fibres/ Matrice De Composites A Renfort Naturel » thèse doctorat lyon , France.179p.(2011) .
- [28] M.C. Paiva, I. Ammar, A.R. Campos, R.B. Cheikh, A.M. Cunha«Alfa fibres : Mechanical, morphological and interfacial characterization» Compos. Sci. Technol. 67,1132-1138(2007).
- [29] R. H. Marchessault, P. R. Sundararajan « Cellulose» Ed.G.Aspinall ,Academic Press, New York 11-95(1983).
- [30] D. Klemm, B. Philipp, T. Heinze, U. Heinze, W. Wagenknecht « Comprehensive cellulose chemistry Fundamentals and analytical Methods» Weinheim: Wiley-VCH, Vol 1 (1998)
- [31] D. Hatsch «Interaction hôte pathogène : étude du modèle Humulus lupulus Fusarium graminearum. Identification, génomique et transcriptomique du pathogène» thèse doctorat univ Louis Pasteur, Strasbourg I ,France 190 p. (2004).
- [32] J.P. Joseleau « Les hémicelluloses : Les Polymères Végétaux» Ed.Monties,Paris pp 87-121(1980).
- [33] M. Nicolas Le Moigne «Mécanismes de gonflement et de dissolution des fibres de cellulose » Thèse de doctorat, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris(2008)
- [34] M.J. John, R.D.Anandjiwala « Recent Developments in Chemical Modification and Characterization of Natural Fiber-Reinforced Composites» Polymer Composites, Vol 29(2), pp.187-207 (2008)
- [35] R.Suganti « Preparation and properties of kenaf bast fiber filled (plasticized) poly(lactic acid) composites » thèse Master, Université Sains Malaysia (2008)
- [36] D.Sedan « Etude des interactions physico-chimiques aux interfaces fibres de chanvre/ciment. Influence sur les propriétés mécaniques du composites » Thèse doctorat de l'université de limoges, matériaux céramiques et traitement de surface, (2007)
- [37] T. Collins, C. Gerday, G. Feller « Xylanases, xylanase families and extremophilic xylanases» FEMS Microbiol. Rev. pp.3-23(2005) .
- [38] Y. Tamaki, T. Konishi, and M. Fukuta, M.and Tako «Isolation and structural characterisation of pectin from endocarp of citrus depressa», Food Chemistry, Vol 107(1), pp.352-361, (March 2008)
- [39] C. Rihouey, C. Morvan, I. Borissova, A. Jauneau, M. Demarty, and M. Jarvis. « Structural features of cda-soluble pectins from ax hypocotyls » Carbohydrate Polymers, Vol 28(2), pp.159-166(1995)
- [40] E.A. Davis, C. Derouet, C. H. Du Penhoat, and C. Morvan «Isolation and an n.m.r.study of pectins from ax (linum usitatissimum l.) » Carbohydrate Research, Vol197, pp. 205-215(1990)
- [41] A. Bazus «Raffinage des agro ressources :extraction et caractérisation de glucuronoxylanes de coque de tournesol »Thèse Doctorat Université Toulouse,France 200 p(1991).

- [42] N. Joly « Synthèse et caractérisation de nouveaux films plastiques obtenus par acylation et réticulation de la cellulose » thèse de doctorat univ Limoges, France 301p (2003).
- [43] R.M.Rowell, J.S. Han and Jeffrey S. Rowell « Characterization and factors effecting fiber properties » Natural polymers and agro fibres based composites, São Carlos-brazil., pp 115-135(2000).
- [44] E. Alarcón-Gutiérrez «Influence de facteurs abiotiques sur la régulation des paramètres microbiens impliqués dans la dégradation de la matière organique d'une litière forestière méditerranéenne » Thèse de doctorat, Faculté des Sciences et Techniques, Université Paul Cézanne(2007).
- [45] B. Montiès «Les polymères végétaux - Polymères pariétaux et alimentaires non azotés» Ed. Gauthier Villars, Paris pp122-155(1980).
- [46] E. Chanliaud « Extraction, caractérisation et propriétés fonctionnelles des hétéroxylanes de son de maïs » Thèse de doctorat Université Paris XI, France 129(1995).
- [47] E.N.Dubis, A.T.Dubis, J.W., Morzycki «Comparative analysis of plant cuticular waxes using HATR FT-IR reflection technique» Journal of Molecular Structure, pp.511-512, 173-179(1999).
- [48] A.K. Bledzki, J. Gassan « Composites reinforced with cellulose based fibres» Prog. Polym. Sci. Vol 24, pp.221-274(1999).
- [49] G. Amorsi, « Le palmier dattier en ALGERIE » N° 1495, p11. (1975).
- [50] M. L. Robinson, B. Brian and W. Williams, « The date palm in southern Nevada » The University of Nevada P 1(2012).
- [51] A. Henderson « Species concept and palm taxonomy in the new world » Memoires of the & N York Botanical Garden, 83, p 21. (1999).
- [52] القضايني م. ع. م. زيادة س. يوسف م. طيبة خ. البابا م. م. هاشم ع. م. البحري م. ابراهيم ع. ب. ع. القاضي ع. « اطللس نخيل التمر في سوريا؛ الجمهورية العربية السورية » وزارة الزراعة . والاصلاح الزراعي. المركز العربي لدراسات المناطق الجافة والاراضي القاحلة أكساد. رقم 496 . ص. ص 5-25 (2013)
- [53] IPGRI « Descripteurs du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) » Edt. I.P.G.R.I., Italie, 71p. (2005).
- [54] G. Peyron « Cultiver le palmier dattier » Éd. Cirad-Montpellier, 110p. (2000).
- [55] عاطف م. و نظيف م. « نخلة التمر زراعتها، رعايتها، إنتاجها في الوطن العربي » منشأة المعارف الإسكندرية، جمهورية مصر العربية. ص ص 33-44 (1998)
- [56] A. Zaid « Date palm cultivation » FAO, plant production and protection paper. p156. (2002).
- [57] A. Sbiai. « Matériaux Composites A Matrice Epoxyde Matériaux Composites A Matrice Epoxyde Chargee Par Des Fibres De Palmier Dattier : Effet De L'oxydation Au Tempo Sur Les Fibres » L'Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, 250p. (2011)
- [58] M. Belguedj, « 3D. Dossier n°1 Les ressources génétiques du palmier dattier : Caractéristiques des cultivars dans les palmeraies du Sud-est Algérien » INRAA. El Harrach. Alger. pp.9-10 (2002).

- [59] A.Ben Abdallah «La phoeniculture.» Ed. Options Méditerranéennes;N°11.pp105-106.(1990).
- [60] I.Elhadrami et A.Elhadrami « Breeding date palm» Univ. Marrakech. p193-195. (2009).
- [61] J.J.Maya, R. D. Anandjiwala «Recent Developments in Chemical Modification and Characterization of Natural Fiber-Reinforced Composites», Polymer composites, pp.187-207(2008)
- [62] R.M.Rowel, W.B. Banks, Gen.Tech.Rep.FPL-GTR-50, USDA Forest service, Forest Products Laboratory, Madison, WI 24(1985)
- [63] M. Feughelman, P.J. Nordan, J Appl Polym Sci, Vol 6, p.670(1962)
- [64] C. Joly, R. Gauthier, E.S. Coubles, J Appl Polym Sci, Vol 61, p.57(1996)
- [65] F.P. Liu, M.P. Wolcott, D.J. Gardner, T.G. Rials. Compos Interfaces, Vol 2 (6), pp.419-432 (1994)
- [66] F. M. Fowkes, J. Adh, Sci. Technol, Vol 1(1), pp.7-27(1987)
- [67] K. Murali, K. Mohana Rao «Extraction and tensile properties of natural fibers: Vakka, date and bamboo», Composite Structures, Vol 77, pp. 288-295(2007)
- [68] T. Ryoko, M.V. Duc, O. Kazuya, T. Tatsuya, F. Toru, F. Takayasu, « How to improve mechanical properties of polylactic acid with bamboo fibers», J Mater Sci, Vol 43, pp.775-787. (2008)
- [69] Y. Cao, S. Shibata, I. Fukumoto« Mechanical properties of biodegradable composites reinforced with bagasse fibre before and after alkali treatments» Composites: Part A 37 423–429 (2006).
- [70] G.H.D. Tonoli, U.P. Rodriguez Filho b, H. Savastano Jr. c, J. Bras d, M.N. Belgacem d, F.A. Rocco Lahr «Cellulose modified fibres in cement based composites» Composites: Part A 40 pp 2046–2053.(2009).
- [71] M. S. Sreekala, S. Thomas. Compos Sci and Technol, Vol 63, pp. 861–869 (2003)
- [72] M. S. Sreekala, M. G. Kumaran, Sabu Thomas «Oil Palm Fibers: Morphology,Chemical Composition, Surface Modification, and Mechanical Properties » Journal of Applied Polymer Science, Vol 66, pp. 821-835(1997)
- [73] L.Y. Mwaikambo, M. P. Ansell, «The effect of chemical treatment on the properties of hemp, sisal, jute and kapok fibres for composite reinforcement» Die Angewandte Makromolekulare Chemie 272, pp.108-116(1999)
- [74] D.Ray, B K Sarkar, A K Rana, N R Bose«Effect of alkali treated jute fibres on composite properties» Bull. Mater. Sci, Vol 24(2), pp.129-135(2001)
- [75] Do thi vi vi « matériaux composites fibres naturelles/polymère biodégradables ou non» thèse de doctorat université de grenoble(2011)
- [76] L.Y. Mwaikambo, E. Martuscelli, M. Avella «Kapok/cotton fabric–polypropylene composites », Polymer Testing, Vol. 19, Issue 8, pp. 905-918 (2000)
- [77] A. Jahn, M. W. Schroder, M. Futing, K. Schenzel and W. Diepenbrock, Spectrochim. Acta A, Vol 58, p.2271 (2002).
- [78] S. Mishra, M. Misra, S.S. Tripathy, S.K . Nayak, A.K. Mohanty, Macromol Mater Eng

- 286, p.107 (2001)
- [79] W.H. Morrison III, D.D. Archibald, H.S.S. Sharma, D.E. Akin, Ind Crops Prod, Vol 12, p.39(2000)
- [80] C. Garcia-Jaldon, D. Dupeyre, M.R. Vignon Biomass Bioenergy, Vol 14, p. 251(1998)
- [81] A .Valadez-Gonzalez, J.M. Cervantes-Uc, R. Olayo, P. J. Herrera-Franco, Compos B: Eng Vol 30, p. 309(1999)
- [82] A. S. C. Hill, H.P. S. Abdul Khalil, M. D. Hale, Ind Crops Prod Vol 8(1), p. 53(1998)
- [83] A. Paul, K. Joseph, S. Thomas. Compos Sci Technol, Vol 57(1), p. 67 (1997)
- [84] M. Z. Rong, M. Q. Zhang, Y. Liu, G. C. Yang, H. M. Zeng. Compos Sci and Technol, Vol 61, pp. 1437–1447. (2001)
- [85] K. Joseph, L. H. C. Mattoso, R. D. Toledo, S. Thomas, L. H. de-Carvalho, L. Pothen, S. Kala, B. James. Frollini E, Leão AL, Mattoso LHC, São Carlos (eds) Natural polymers and agro fibers composites. Embrapa, USP-IQSC, UNESP, Brazil (2000).
- [86] T. W. Frederick, W. Norman « Natural fibers plastics and composites », Kluwer Academic Publishers, New York(2004)
- [87] K. Joseph, S. Thomas, Polymer, Vol 37, p. 5139(1996)
- [88] M. S. Sreekala, M. G. Kumaran, S. Joseph, M. Jacob, S. Thomas, Appl Compos Mater, Vol 7, p. 295(2000)
- [89] MS. Sreekala, MG .Kumaran, Thomas S. Compos A:Appl Sci Manuf, Vol 33, p.763(2002)
- [90] K. Joseph, RDT. Filho, B. James, S. Thomas, L.H. de Carvalho, Revista Brasileira de Engenharia Agricola e AmbientalVol 3, p. 367 (1999)

الفصل الثاني:

المواد المركبة وخصائصها

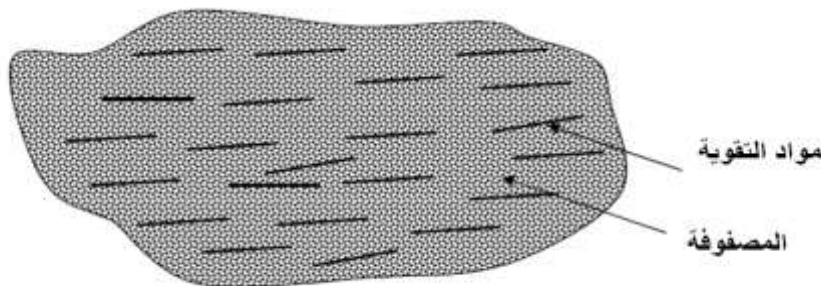
الخصائص المميزة للمركب تعتمد على مكوناته ، المصفوفة والتعزيز وكذلك الرابطة التي تنشأ بينهم. السطح البيني، الناجم عن التأثير البيني لهما، لا يمكن تحليلها إلا بعد تحضير المركب. كما أن الجمع بين أفضل ألياف وأفضل مصفوفة لا يمكن أن يضمن إلا أفضل سطح بيني ممكن أن ينتج . وعلى العكس ، فإذا كانت كفاءة المركب ضعيفة، ليس بالضرورة أن السبب في ذلك هو المركب في حد ذاته. وإنما قد يكون هذا سببه المكونات من الأصل والتي لا تعطي نتائج مرضية. فالمصفوفة هي التي تحمل التماسك إلى المواد عن طريق توزيع القوى المطبقة على المركب على كل الألياف، أما التعزيز فهو الذي يحمل القوة الميكانيكية. سنركز في دراستنا على المواد المركبة ذات مصفوفة من الطين الاحمر مقواة بألياف نباتية . سوف نتطرق بالتفصيل في هذا الفصل لخصائص مختلف مكونات المصفوفة و طريقة تحضيرها .

II. المواد المركبة:

نظرا لأهمية وانتشار المواد المركبة في مختلف الصناعات الحديثة (السيارات، السفن، الطيران، الفضاء وغيرها) قمنا من خلال هذا الفصل بإلقاء الضوء على المواد المركبة مكوناتها وطرائق تحضيرها باستعمال الألياف النباتية كمادة تقوية.

II.1. تعريف المواد المركبة:

المواد المركبة مواد غير متجانسة تتكون من مادتين مختلفتين أو أكثر غير قابلتين للامتزاج [1,2]، والغاية منها هو الحصول على خصائص عالية لا يمكن الحصول عليها باستخدام المواد التقليدية، تملك المواد المركبة العديد من المميزات: خفة الوزن، المقاومة الميكانيكية والكيميائية، العزل الحراري والكهربائي، مرونة التصميم وغيرها [3]، يبين الشكل (14) أن المواد المركبة تتكون من مواد التقوية (الألياف) التي تتحكم في الخصائص الميكانيكية و المصفوفة والتي يتمثل دورها في ضمان الالتصاق الجيد بين مكونات مواد التقوية، كما يتطلب وجود مواد إضافية تسمح هذه الأخيرة أيضا بتغيير مظهر وخصائص المواد المركبة (اللون، العزل الحراري أو الصوتي) [4].



الشكل (14): رسم توضيحي لبنية المادة المركبة [5].

II.2. تصنيف المواد المركبة : يمكن تصنيف المواد المركبة حسب مواد التقوية أو حسب المصفوفة [6].

II.1.2. تصنيف المواد المركبة حسب نوع المصفوفة:

توجد العديد من المواد المركبة التي يمكن أن تصنف حسب نوع المصفوفة المستعملة في المادة المركبة التي تسمح بتقسيم المواد المركبة إلى ثلاثة أقسام كما يوضح الجدول (5) [7].

المواد المركبة ذات المصفوفة العضوية (CMO) أو مواد المصفوفة البوليمرية (CMP): تقدم خواص ميكانيكية عالية، مقاومة عالية للتآكل والأكسدة والخصائص الكهربائية وعازلة جيدة. عيب هذه المصفوفات هو سلوكهم المحدود في درجة الحرارة.

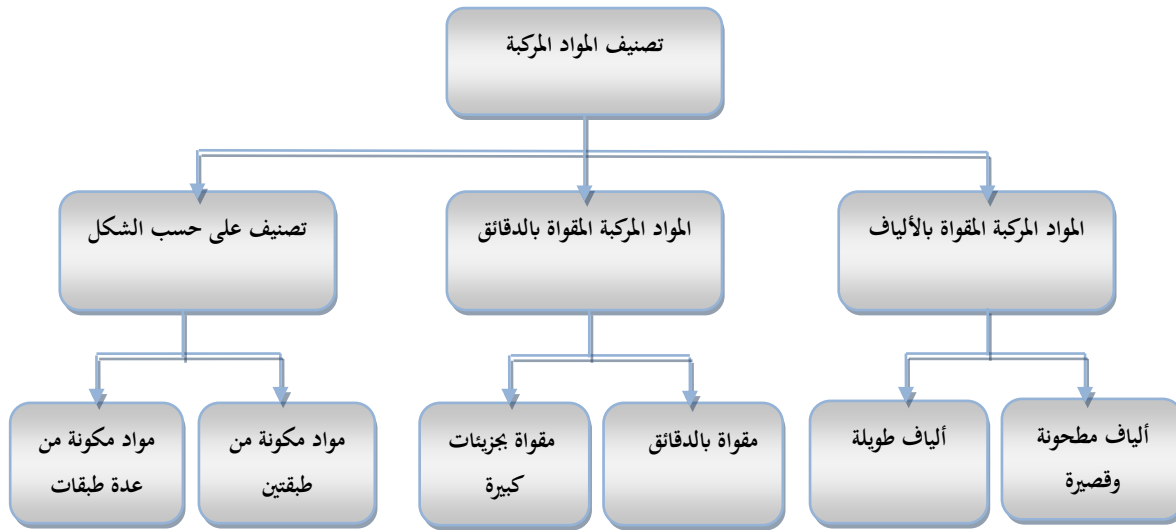
المواد المركبة التي تعتمد على المصفوفات المعدنية (CMM): لها أداء جيد في درجة الحرارة وكذلك الخصائص الكهربائية والحرارية الجيدة. مقارنة بالمعادن، لديهم استقرار الأبعاد أفضل، فضلا عن المقاومة.

المواد المركبة ذات المصفوفة الخزفية (CMC): مصفوفة السيراميك المركبة مصنوعة لغرض تحسين صلابة المواد (SiC ، Al_2O_3 ، MgO ، Cr_2O_3 ، SiO_2) يمكن الحصول عليها من خلال دعمها بألياف (معادن الأراميد، الكربون، السيراميك) أو عن طريق سائل معلق، ثم تلبد في درجة حرارة عالية الضغط، أو عن طريق الغازات التفاعلية التي تسمح بالارتباط بين الألياف [3،8].

الجدول (5): تصنيف المواد المركبة حسب المصفوفة [4].

نوع المادة المركبة	المكونات	مجال الاستعمال
المصفوفات العضوية:	راتنج / ألياف سيليلوزية راتنج / نجارة الخشب راتنج / ألياف الخشب راتنج ناعم / النسيج راتنج / ألياف الزجاج / الكربون	الطباعة ، التغليف، إلخ النجارة البنيات الرياضة ، البنيات مجالات متعددة
المصفوفات الخزفية	إسمنت / رمل / حبيبات كربون / ألياف كربون خزف / ألياف خزفية	هندسة مدنية الطيران، الفضاء، الرياضة، طب.. إلخ قطع ميكانيكية-حرارية
المصفوفات المعدنية	ألومنيوم / ألياف البور ألومنيوم / ألياف الكربون	الفضاء

يوضح الشكل (15) تصنيف المواد المركبة حسب طبيعة مكوناتها إلى مواد مقواة بالألياف وأخرى مقواة بالدقائق وحسب شكلها إلى مواد مركبة من طبقتين وأخرى مركبة من عدة طبقات .



الشكل (15): تصنيف المواد المركبة [9].

2. II.2. تصنيف المواد المركبة حسب الشكل : وهذه بدورها تنقسم إلى قسمين:

أ. مواد مركبة من الألياف : هي عبارة عن إضافة الألياف وتكون الألياف إما منسوجة أو مطحونة وذلك من أجل الزيادة في قوته وصلابته وللتقليل من التكلفة. كما أن توزيع وتوجيه الألياف يلعب دور مهم في الخصائص الميكانيكية للمركب وذلك بالاعتماد على : طبيعة المكونات، نسبتهما وتوجيهها .

كما أن التدعيم بالألياف النباتية التي تكون من أصل نباتي قد تشمل الحلفاء، النخيل.... إلخ.
ب. مواد مركبة من الدقائق: في هذه الحالة تكون الدعامات التي نقوم بإدخالها في المصفوفة على شكل دقاتق، وتستعمل عموماً لتطوير بعض الخصائص للمواد المركبة. إن إدخال هاته الدقاتق يختلف عن الألياف [9]. كما يمكن تصنيف الألياف حسب شكلها إلى ألياف ذات اتجاه واحد أو ألياف باتجاهات متعددة (الشكل 16).



الشكل (16): تصنيف المواد المركبة حسب الشكل [9].

II.3. أشكال الدعم:

تأخذ الألياف الداعمة للمواد المركبة أشكال متعددة ذات اتجاه واحد، متعددة الاتجاه، عشوائية أو موجهة وهجينة كما يوضح الشكل (17).

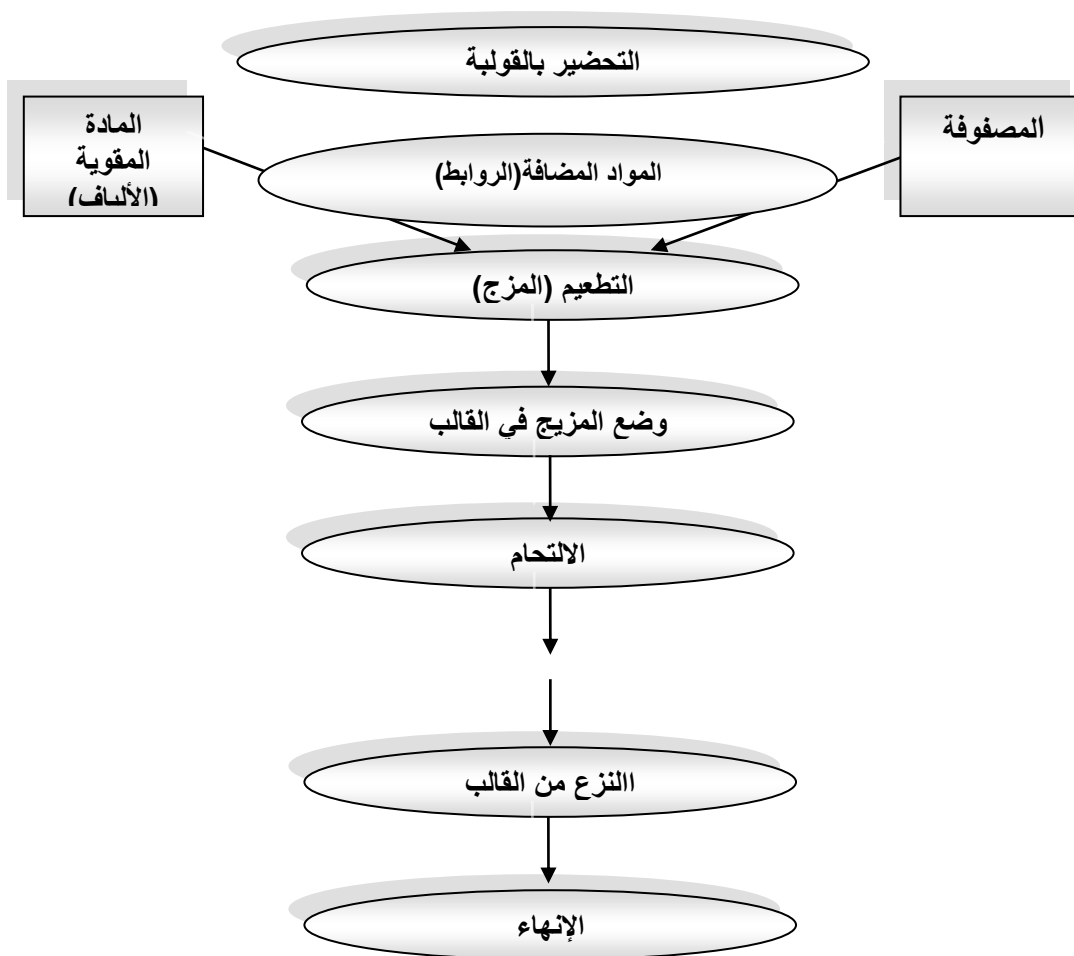


الشكل (17): أشكال الدعم للمواد المركبة.

1. ألياف ذات اتجاه واحد: تتموضع الألياف في اتجاه واحد وتكون بشكل متوازي .
2. ألياف متعددة الاتجاه عشوائية: يمكن تحضير مواد مركبة باستعمال ألياف متوضعة في ثلاث اتجاهات، وتكون هذه المواد المركبة متباينة الخواص من صلابة ومقاومة حيث أن مقاومة الألياف أكثر ب 50 إلى 100 مرة منها في الراتنج [10] وتكون على شكل ألياف مقطوعة ومطحونة بدون تنظيم أو توزيع أو محشوة بحزم من الألياف متجمعة (ألياف قصيرة أقل من 50 مم).
3. ألياف موجهة: في هذا النوع يكون النسيج يتكون من خيوط (ألياف ذات اتجاهين) لتشكل شبكة، تستعمل دعائم تقوية ثنائية أو ثلاثية الأبعاد في مجالات الفضاء والدفاع، كما تستعمل الصفائح التي تملك صلابة ومقاومة تختلف باختلاف الاتجاهات [10].

II.4. طريقة تحضير المواد المركبة:

بسبب ليونة وسلاسة استعمال الألياف يمكن أن توضع في اتجاهات متعددة، توجد العديد من الطرائق لتحضير المواد المركبة لكن الطريقة الأكثر استعمالاً هي طريقة الصب اليدوي و مراحلها مبينة في الشكل (18). نضع المزيج (المصفوفة / الألياف) في قالب ثم نقوم بعملية الضغط لإخراج الهواء المتبقي لزيادة التحام و التصاق المادتين، عند حقن المزيج داخل القالب يصبح المزيج على شكل عجينة من ثم تتصلب نهائياً [10].



الشكل (18): مراحل القولبة [10].

شروط تحضير المركبات: لتحضير المركبات يجب مراعاة الشروط التالية:

✚ مقدار التقوية: حيث أن نسبة الألياف داخل المصفوفة تلعب دوراً أساسياً في تحسين الخصائص الميكانيكية للمركب.

✚ طبيعة مواد التقوية وتوجهها: طبيعة الألياف (دقائق، قصيرة وطويلة) وتوجهها.

✚ المواد المضافة: والتي تزيد من تحسين الخصائص الميكانيكية للمواد المركبة.

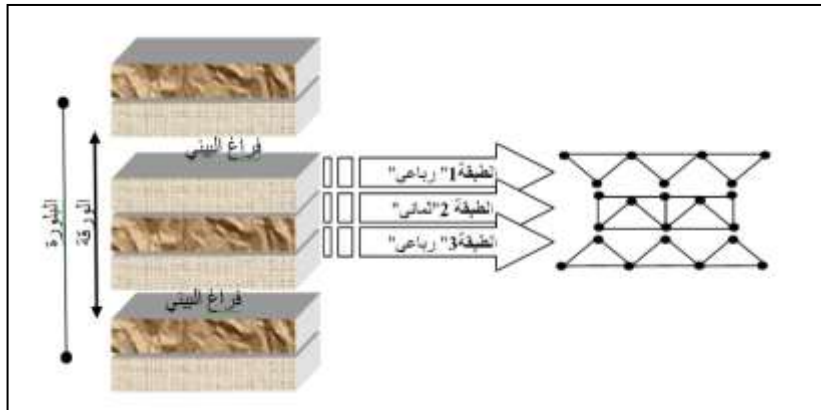
II.5. المصفوفة من الطين:

يعد الطين من أهم مواد البناء التي استخدمتها الحضارات القديمة في مبانيها. وقد حظيت العمارة الطينية باهتمام كبير لما لها من خصائص بيئية واقتصادية [11]، استمرت عمارة الطين في أنحاء العالم بالرغم من من التقدم الهائل في تقنيات ومواد البناء الحديثة [12] وقد شهدت العقود والسنوات الأخيرة خاصة تطوراً كبيراً أثر على المتطلبات الحياتية والمعيشية عبر الكثير من الأنظمة الاقتصادية والبيئية والتقنية التي

أصبحت واقعا ملموسا أخذ في الانتشار بسبب مميزاته الكبيرة في مواكبة متطلبات العصر وتسهيل الأمور الحياتية والترفيهية للإنسان كما ظهرت لها مفاهيم ونظريات وآراء متعددة مثل العمارة الخضراء و العمارة الذكية والبيئية وغيرها [13]. ولكن السؤال الذي يطرح نفسه الآن مامدى انسجام العمارة الطينية مع احتياجات المستخدم ومتطلباته الحالية، وتواجه العمارة الطينية خطر الاندثار نتيجة المستجدات المعاصرة المتمثلة في التطور التكنولوجي في مختلف الجوانب [14]. إن بروتوكول كيوتو [15]، تم التصديق عليه في عام 1998 لمكافحة التغيرات تغير المناخ العالمي عن طريق الحد من انبعاثات ثاني أكسيد الكربون، ولدت الحماس لاستخدام مواد صديقة للبيئة أكثر. عدة حكومات بدأت الخطوة حيث اتخذت ما يسمى التنمية المستدامة في صميم أولوياتها في مجال مواد البناء، ينعكس هذا التطور في تصميم اسمنتى يسمى "بيئى". لا يوجد تعريف عالمي لمصطلح الطين في الواقع هناك الكثير يركز على الخصائص الفيزيائية المدروسة على سبيل المثال اللدونة ، النسبة البلورية .. الطين في الحالة الطبيعية نادرا ما يتكون من معدن واحد، في الكثير من الأحيان يتكون من خليط من فيلوسيليكات، هناك العديد من المعادن مثل الكربونات (الأراغونيت، الكالسيت والدولوميت ...) السليس (الكوارتز، تريديميت) أكسيد الألمنيوم (الكوريندون أو أكسيد الألمنيوم تركيبه الكيميائي (Al_2O_3)، الجبسيات هو شكل معدني من: هيدروكسيد الألومنيوم ($Al(OH)_3$) وكذلك معادن الحديد ($FeO(OH)$ $Fe_2O_3...$) [16].

II.1.5. خصائص ومكونات الطين :

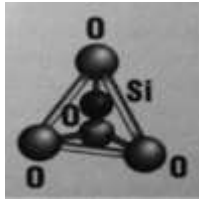
الطين عموما هو التربة ذات الحبيبات الأصغر من 2 ميكرون ولكن لا يمكن اعتماد البعد 2 ميكرون فقط في تحديد الطين فهناك صخور غضارية متراسة كالمارن وكذلك معادن ناعمة جدا ولها صفات الطين، لذلك فإن التربة الطينية كما هو مبين في الشكل (19) هي مادة متميزة إضافة إلى أبعادها الصغيرة بالخواص التالية: طبيعتها الكيميائية (سيليكات الألمنيوم المميهة)، بنيتها الورقية (الصفحية او المتطبقة) وسلوكها المتميز بوجود الماء (شراستها للماء وسلوكها اللدن) حبيبات الطين تشكل تجمعا غير منتظم لمجموعة من الوريقات المنتظمة التوضع إلى حد ما وهذه الوريقات هي سيليكات متعددة الاسطح.



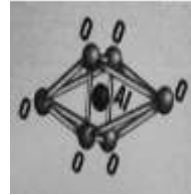
الشكل (19): بنية الطين [17]

II.2.5. أنواع الترب الطينية وتركيبها الفلزي: من أهم أنواع الطين:

- الطين العضوي: وهو طين تعزى خواصه الفيزيائية إلى وجود مواد عضوية ناعمة وعند إشباعه بالماء تصبح قابليته للانضغاط كبيرة، وعندما يجف يصبح عالي المقاومة لونه رمادي قاتم .
 - البنتونيت: هو طين يحتوي على نسبة كبيرة من المونتموريونيت وهو يتقلص بشدة عند الجفاف وتنتج هذه التربة في معظم الأحيان من التحول الكيميائي للرماد البركاني.
- يتشكل هيكل الفلزات الطينية بشكل عام من وحدتين أساسيتين [17]:
- الوحدة الاولى : الوحدة ثمانية الوجوه وتتكون من ذرة الألمنيوم يحيط بها ست ذرات أكسجين (الشكل 20(أ)).
- الوحدة الثانية : الوحدة رباعية الوجوه (وحدة السيليكا) وتتألف من أربع ذرات أكسجين تشغل رؤوس رباعي الوجوه الذي يحتوي ذرة سيليس ويرمز لها بشبه منحرف (الشكل 20 (ب)).



(ب)



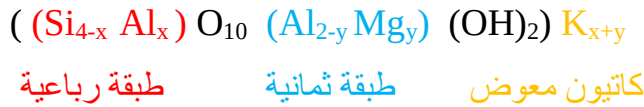
(أ)

الشكل (20): البنية الخاصة بالطين [17]

أ- البنية الثمانية للألمنيوم

ب- البنية الرباعية للسيليكا

وحسب ك. لونكلوا [18] تتحد صفائح السيليكا مع صفائح الألمنيوم لتشكل البنية القاعدية للفلزات الطينية والتي تختلف عن بعضها بطريقة توضع الذرات ضمن البنية الشبكية كما هو موضح في الشكل (21).



الشكل (21): البنية القاعدية للفلزات الطينية

ويقسم تركيب الطين حسب بنيته الفلزية إلى الفلزات الثلاث الأساسية التالية :

1. الكاولينيت: ويتركب من شريحة مفردة من السيليكا الرباعية ملحق بها شريحة مفردة من الألمنيوم ويمتاز هذا الفلز بكونه أكبر حجم حبيباته الثمانية رمزها الكيميائي $(Al_4Si_4O_{10}(OH)_{10})$ وبصغر سطحه النوعي، ويبيدي

تماسك أقل ولدونة أقل ويلاحظ من صيغتها أنها محايدة كهربائياً، لكنها قد تفقد بعض مجموعات (OH) عندما تكون ضمن الماء فتصبح حباتها ذات شحنة سالبة تجذب إليها شاردة موجبة من الماء حولها ومن هذه المجموعة طين الكاولين وهو ما يعرف بغضار الخزف الصيني [19].

2. الإيليت : ويتكون من شريحة مفردة من الألومنيوم الثمانية الملتصق بها شريحتين من السيليكات الرباعية ويوجد بين هذه الصفائح السيليكاتية عنصر الصوديوم وتعطى صيغته الكيميائية التقريبية ($Al_4Si_7AlO_{20}(OH)_4K_{0.8}$) إن الترابط بين الصفائح يعود لقوى فاندر فالز وهي أقل شدة من الرابطة الهيدروجينية بين صفائح الكاولينات ولكنها أكثر ثباتاً من مجموعة المونتمورنيت المشابهة في البنية والمغايرة في طبيعة الشوارد المنجذبة وأقل منها نشاطاً سطحياً. إن المصدر الرئيسي للإيليت هو صخور الميكا لذا يسمى أحياناً الطين الميكاني ويتشكل في مناطق المناخ المعتدل [20].

3. المونتمورينونيت : ويتكون من وحدات صفائحية كالإيليت. وترتبط بين هذه الصفائح قوى فاندر فالس الضعيفة نسبياً إذا ما قورنت بروابط الهيدروجين أو بالروابط الأيونية . ويحدث في وحداته كثير من التبادل حيث تحل في وحدة الجبسيات مما يؤدي إلى أن تحل شحنة (Al) محل وحدة السيليكا (Si). وكذلك تحل (Mg) أو (Fe) أو (Zn) محل (Al) في وحدة الجبسيات مما يؤدي إلى شحنة سالبة كبيرة . وتقوم الشوارد الموجبة الموجودة في الماء مثل (Na^+, Ca^{++}, K^+) بإشباع معظم الشحنة السالبة وتنجذب إلى الصفائح لكنها لا تلتصق بها بل تبقى دوماً عرضة للتغيير ، ويدخل الماء بين الصفائح شرائح الميكا بسبب الترابط الضعيف بين الطبقات مما يجعل هذا الفلز ينتفخ ويبيدي تماسك ولدونة أعلى ، وعندما ينكمش يتشقق ويشكل سطحاً صلباً وبناء على طبيعة الشوارد المحيطة فإن النشاط يختلف من طين لآخر، وهو يوجد على شكلين مونتمورينونيت الصوديوم و مونتمورينونيت الكالسيوم رغم كون المواد الصلبة المشكلة لهما واحدة وتعطي صيغته بالتالي ($Al_{3.5}Mg_{0.5}Si_8O_{20}(OH)_4$)، فإن النوع الأول (Na) يتضاعف حجمه عند إضافة الماء ويسمى بالطين الفوار الذي يستعمل بكثرة في عمليات التنقيب عن النفط للمحافظة على رؤوس أداة الحفر بالتبريد ويستخدم أفضل من الرمل في صناعة مواد التجميل أما النوع الثاني (Ca) لا ينتفخ عند إضافة الماء ويستخدم في صناعة تبييض الزيوت [21] ويتشكل المونتمورينونيت من حث المركبات الحديدية المنغنيزية وخاصة في المناطق القارية والحارة والممطرة، ومن أهم أنواعه طين البنتونيت حيث ينتج من حث البقايا البركانية .

3.5II. الخواص الفيزيائية والكيميائية للطين:

له قوام عجيني بإضافة الماء، ويتحول إلى مادة قاسية بتعرضه للحرارة العالية. تتمتع فلزات الطين بخاصية تبادل العناصر الكيميائية وامتصاصها والاحتفاظ بها بحالة تبادلية وتتوضع هذه العناصر عادة حول الفلز الطيني، وبحدوث التفاعلات التبادلية فإن بنية الفلز الأساسية لا تتبدل ولكن هذه العناصر تنتقل من فلز

لآخر وهذه العناصر (Na^+ ، Mg^{++} ، Fe^{++} ، Ca^{++} ، Al ، K^+ ، Cu^{++}) وتعزى عملية التبادل هذه لقدرة الفلزات الطينية على امتصاص الأيونات الموجبة من المحلول الذي تتواجد به، وبشكل عام يكون للمونتوموريونيت قدرة عالية على التبادل وذلك بسبب الشبكة السالبة الكثيفة المحيطة به ويليه الإليت وأخيرا الكاولينيت.

4.5II. المادة المركبة:

وجد العديد من الباحثين أن تعزيز الطين بالاليف يحسن من خصائصه الميكانيكية، لاحظ روجيروس وآخرون [22] أن ألياف القش يمكن أن تزيد من قوة الضغط والثني، بينيسي وآخرون [23] ذكر أن قيمة قوة الضغط للطوب المدعم بالألياف أعلى من التي تكون غير مدعمة بالاليف، قام كل من محمد أ.س. وآخرون [24] بدراسة تقوية الطوب بألياف الجوت، وأظهرت النتائج زيادة المتانة بسبب إضافة ألياف الجوت حيث تم تحقيق زيادة 2.75 مرة أكثر باستخدام ألياف الجوت مقارنة مع الطوب الغير معزز بالألياف، لاحظ مروان وآخرون [25] أنه عند تعزيز الطوب بألياف الموز المعالجة بمحلول هيدروكسيد الصوديوم بتركيز 6% لمدة ساعتين عند درجة حرارة الغرفة؛ ينتج زيادة في قوة الشد

الطوب:

هو الطين الذي يخلط مع الماء ومع كمية قليلة من القش أو ألياف أخرى، يمكن أن تشكل على آجر أو قرميد ويجفف بالشمس، ويستعمل كمادة بناء. يعتبر الطوب من مواد البناء الأولى؛ أول المدن المعروفة بنيت بواسطة آجر من التربة والماء ولا تزال أحد المواد الأكثر استعمالا. يسكب الخليط (الطين والألياف) في إطار مفتوح مستطيل (أبعاد واحجام مختلفة)، ينزع قالب (الإطار) وتجفف اللبنة (العينة) لبضع ساعات (تجفف العينات في الظل لتجنب ظهور التشققات)، كما يمكن تعبئة أنابيب النسيج بالطوب على الفور وتجمع رأسيا، لتسمح بتثبيت الجدران ودعم هياكل البناء [26-28]، الهياكل التي تم تركيبها على أساس من الطوب تتضمن تعزيزات من الخشب والتي قد تعمل أيضا على تحسين قدرة العزل.

أ. طريقة الإنتاج الآلية (الميكانيكية): لقد تم تطوير أول آلة لكبس التربة في القرن الثامن عشر في فرنسا، حيث قام فرانسوا كونتورو بتطويرها؛ عندئذ بدأت الاتجاهات لتطوير أسلوب الصب الآلي للعجائن عن طريق استخدام الكبس تحت الضغوط المرتفعة نسبيا كما يوضح الشكل (22)، قالب هذا النوع من الآلات يسمح بإنتاج حوالي 20 إلى 30000 قطعة في اليوم [26].



(ب)



(أ)

الشكل (22): صناعة الطوب: (أ) طريقة الصب اليدوي (ب) طريقة استخدام ماكينات الكبس [29].

منتوج صناعة الطوب سواء يدويا أو آليا متنوع للغاية. وغالبًا ما يعتمدون بشكل مباشر على الدراية الفنية وتختلف في نوع التربة المستخدمة. عادة ما تكون القوالب المستخدمة مصنوعة من الصلب أو الخشب (في معظم الأحيان). نميز هناك ثلاثة أنواع المنتجات الرئيسية على مستوى العالم: المنتجات الكلاسيكية، المنتجات الخاصة و المنتجات المضادة للزلازل [30-32].

ب. أهم مميزات البناء بالطوب الطيني:

لأجل فهم خواص الطوب الطيني يجب معرفة طبيعة المواد الخام الداخلة في تصنيعه وعناصرها الأساسية [33] ويوجد ثلاثة أنواع للطوب الطيني سواء المصنوع يدويا أو آليا، حيث تنقسم إلى ثلاثة أنواع رئيسية هي: الطوب الطيني، والطوب الأحمر وطوب التربة المضغوطة [34].

من هذا المنطلق، وحيث تعتمد العمارة الطينية على مادة الطين كمادة بناء بشكل أساسي بكل خصائصه لذا فإن هذا التوجه صوب الاستدامة يعتبر مقبولا، لما تتمتع به من خصائص وإيجابيات من حيث [35]:
أ. أنها مادة طبيعية متوفرة في معظم المناطق المتاخمة لمنطقة الدراسة لدرجة أنه يمكن اعتبارها مادة تشييد مجانية.

ب. بساطة التجهيزات والتشغيل مما يسهل استخدامها على السكان المحليين، ويرجع ذلك إلى تقنياتها البسيطة والسهولة التصنيع.

ج. يعد الاستثمار الأمثل في هذه المواد المتاحة تهديدا حقيقيا لمشاريع انتاج مواد البناء الحديثة لأنها تمثل منافس قوي بما تسببه الأخرى من: استنزاف للموارد الطبيعية، ونشر للتلوث، ومن تأثير على التوازنات الايكولوجية.

د. تمتع المأوى المشيد من مادة الطين بمناخ صحي معتدل، بارد صيفا ودافئ شتاءا.

- هـ. أنها لا تسبب تلوثاً للبيئة أثناء: التصنيع، أو التنفيذ، أو التشغيل، أو الهدم، أو التخلص، أو إعادة البناء؛ حيث أنها تأتي من الأرض وتعود إليها.
- و. تمتعها بخاصية الكسب والتخزين الحراري، فلا تفقد الحرارة بشكل سريع، مما يساعد في التحسين النسبي للمناخ.
- ز. تحقيقها لأكبر قدر من التخلف الزمني، بتشبيد الجدران المصمتة الخارجية السمكية، حيث أخرجت جدران الطين ذات السمك 40 سم الحرارة حوالي 15 ساعة، وبذلك تحقق قيمة حرارية أفضل بالمقارنة بمثلتها الاسمنتية، مما يسهم في ترشيد جزء من الطاقة المنفقة للتحسين الحراري.
- ح. تحقيقها للمتانة، والعزل اللازمين في البناء، بإضافة مواد رابطة وبنسب مدروسة.
- ط. لها مميزات هندسية أخرى كعزل الصوت ومقاومة الحريق.
- ي. لها تميز خاص من حيث إعادة التدوير حيث يسهل إعادتها إلى حالتها الأصلية وتقليل الانقراض الناتجة إلى الحد الأدنى عند الهدم.
- ك. إعادتها للعلاقة الحميمة بين الإنسان والعمارة؛ والتي تتمثل في: حجوم، وأشكال، وفنون، وتراث نابع من الإنسان ويتناغم مع مقياسه الإنساني؛ والذي يتناساه غالباً أصحاب ما يسمى بالطراز العالمي [36].

قائمة المراجع:

- [01] D.Gay « Matériaux composites » Ed. Hermes 672(1997).
- [02] L. Gornet «Généralités sur les matériaux composites» Ecole Centrale de Nantes,France44(2011) .
- [03] G.Aliprandi «Matériaux réfractaires et céramiques techniques » Ed.Septima ,France 489-519(1989).
- [04] Y. Ledru « Etude de la porosité dans les matériaux composites stratifiés aéronautiques» Institut National Polytechnique de Toulouse,France 5(2009).
- [05] J.M. Berthelot , J. Razi « Caractériser des mécanismes de rupture dans les matériaux composites à l'aide de l'amplitude des signaux d'émission acoustique » Paris519-534(1986).
- [06] J.M. Berthelot « Mécanique des Matériaux et structures Composites » Le Mans France 4(2010).
- [07] M. Le Troedec « Caractérisation des interactions physico-chimiques dans un matériau composite à base de phyllosilicates, de chaux et de fibres cellulosiques » thèse de doctorat,université de Limoges (2009).
- [08] M.Dupeux « Aide-mémoire Science des Matériaux » Edition Dunod, Paris, 276-277(2004).
- [09] G.Tripathi, D.Srivastava« Effect of Carboxyl-Terminated Poly (Butadiene-co-crylonitrile)(CTBN) Concentration on Thermal and Mechanical Properties of Binary Blends of Diglycidyl Ether of Bisphenol-A (DGEBA) Epoxy Resin »Mat. Sci. Eng. A,443262-269 (2007).
- [10] L.Merad « Etude par Spectroscopie Raman et modélisation d'une résine composite RTM » Laboratoire Matériaux Optiques, photonique et Systèmes Unité de recherche commune UPV-Metz – Supélec – CNRS8-9(2010).
- [11] Bahobail, A. Mohammed« the mud additives and their effect on thermal conductivity of adobe bricks » Journal of Engineering Sciences, Assiut University, Vol. 40, No 1, pp.21-34, (2011).
- [12] Oshike, E. Emmanuel« Building with earth in Nigeria: A review of the past and present to enhance future housing development » International Journal of Science, Environment and Technology, Vol4, No1,(2015).
- [13] حسن نوبي محمد «المساكن الذكية (نموذج للمساكن الميسر في القرن الواحد والعشرين)» ندوة الإسكان-الهيئة العليا لتطوير مدينة الرياض ، المملكة العربية السعودية(2004).
- [14] Mehta, Deepa « On Conservation and Development:The Role of Traditional Mud Brick Firms in Southern Yemen » Paper prepared for GLOBELICS: Inclusive Growth, Innovation and Technological Change: education, social capital and sustainable development, Dakar, Senegal ,(2009).
- [15] G.Habert, N. Roussel « Comment concevoir un béton ayant un faible impact environnemental?» XXVIème Rencontres Universitaire de Génie Civil, Nancy, 4 –6 juin (2008).
- [16] A .Michot « Caractéristiques thermophysiques de matériaux à base d'argile : évolution avec des traitements thermiques jusqu'à 1400°C » Thèse de Doctorat, Université de Limoges, France,116 p,(2008).

- [17] P. Adrienne « L'argile, médecine ancestrale de la tradition aux preuves scientifiques » éditions Amirys SPRL, ISBN : 2-930353-15-5 , 4e trimestre(2003).
- [18] C. Langlois « Les argiles, genèse et utilisations»
http://www.normalesup.org/~clanglois/Sciences_Terre/Argiles/Argiles0.html, Date de création (Septembre 2005).
- [19] TW. Lambe « The Structure of Inorganic Soil, Proceeding ASCE, Vol. 79, Separate No. 315,.49p,(1953).
- [20] أحمد زيدان الجبوري «علم السيراميك والزجاج» الجامعة التكنولوجية علوم المادة، شهاب (shehab aljbouri@yahoo.com)
- [21] E.Michael ,CRC press p62-67(29 octobre2003).
- [22] Rogiros Illampas, G.L. Vasilios, and I. Ioannis « Effect of straw fiber reinforcement on the mechanical properties of adobe bricks Poromechanics VI. » pp1331-1338,doi: 10.1061/9780784480779.165(2017).
- [23] H. Binici, O. Akogan, and T. Shah« Investigation of fiber reinforced mud brick as a building material, Construction and Building Materials » Vol. 19pp. 313-318(2005).
- [24] A. S.Muhammad, A. Safeer and H. Mujtaba« Jute Fiber Reinforced Compressed Earth Bricks (FR-CEB) – A Sustainable Solution, Pak ». J. Engg. & Appl. Sci. 19, p. 83–90(2016).
- [25] M. Marwan. and U. Nasim« Effect of Banana Fibers on the Compressive and Flexural Strength of Compressed Earth Blocks. Buildings » 5, 282-296; doi:10.3390/buildings5010282(2015).
- [26] [http//. Wikipédia.org](http://.Wikipédia.org) le 20/4/2009
- [27] P. Doat «Construire en Terre » Edition Alternative Paris CRA Terre (1983).
- [28] F .Volhard «La Construction en Terre–Paille, Ancien Matériau Nouvelle Technique » Edition, Grenoble, CRA Terre (1991).
- [29] سات بریم، محاضرة بعنوان « الهندسة المعمارية الطينية للبيئة المستدامة وتكنولوجيا ضغط التربة» مدير معهد أورفيل للبناء بالتربة في الهند ، قاعة مركز الملك العزيز التاريخية، الرياض(2005/1/2).
- [30] N.Ammar «Amélioration de la durabilité de la brique de terre séchée » mémoire de magister ,Université M'SILA (2009)
- [31] H.Guilaud «Encyclopédie de Bâtiment» Tome 2 Centre International pour la Construction en Terre, Ecole d'Architecte de Grenoble Edition Wake, CRA Terre (1997).
- [32] F . Volhard «La Construction en Terre–Paille, Ancien Matériau Nouvelle Technique » Edition, Grenoble, CRA Terre(1991).
- [33] جلال بشير سرسم، سعيد عبد العالي «المواد الإنشائية» اليازوري، عمان، الأردن(2006)
- [34] محمد علي الكاتب «مشروع الرحمة للإسكان الخيري»
 Available at:http://shakirycharity.org/index_A.php?id=145&artid=1139
 (19/3/2016).
- [35] A. Alsuliman, Lena Suliman « Mud Architecture and the Prospects of Its Sustainability ». Published Paper. Available at:
<https://www.researchgate.net/publication/297032349.P18> Accessed at:(6/4/2016).
- [36] Down to Earth - Building Materials: Natural, Healthy& Sustainable Building Materials.
 Available at: <http://www.buildnaturally.com/EC>. Accessed at(9/5/2004).

الفصل الثالث

الطرق التجريبية والمواد المستعملة

إن استعمال مواد التقوية (الألياف النباتية) لتشكيل المواد المركبة يقودنا إلى دراسة الخصائص الكيميائية والبنوية والمورفولوجية لهاته المواد لذلك تم التطرق في هذا الفصل إلى استخلاص مكونات الألياف ومعالجتها ثم تشخيصها باستعمال اختبارات التشخيص والمتمثلة في المجهر الضوئي، جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء (IR)، جهاز الأشعة السينية (DRX)، جهاز التحليل الوزني الحراري (ATG) و جهاز المجهر الإلكتروني الماسح (MEB).

1. الألياف:

III.1.1. كمية الماء والمواد المتطايرة:

تحدد كمية الماء والمواد المتطايرة طبقا للمعيار الفرنسي (NF V 03-903) [1]، وهو يوافق الكتلة الضائعة الناتجة عن تجفيف العينة في فرن عند الدرجة (103 ± 2 °C) إلى غاية ثبوت الوزن، نرسم لها بالرمز (H) يعبر عن كمية الماء والمواد المتطايرة بنسبة وزنية وهي تساوي

$$H = \frac{(m_1 - m_2)}{(m_1 - m_0)} * 100 \dots \dots \dots (1)$$

حيث

m_0 كتلة الجفنة الخاصة بالوزن (غ).

m_1 كتلة الجفنة وكتلة العينة قبل التجفيف (غ).

m_2 كتلة الجفنة وكتلة العينة بعد التجفيف (غ).

III.2.1. كمية المادة الجاف (MS):

$$MS = 100 - H = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} * 100 \dots \dots \dots (2)$$

III.3.1. كمية المواد المعدنية (MM):

كمية المواد المعدنية تحدد وفقا للمعيار (NF V 03-322) [2]، نضع العينة في فرن تحت درجة (550°C) ونقوم بكلسنتها حتى وزن ثابت .

$$MM = \frac{(m_2 - m_0)}{(m_1 - m_0)} * 100 \dots \dots \dots (3)$$

حيث

m_0 كتلة الجفنة الخاصة بالوزن (غ).

m_1 كتلة الجفنة وكتلة العينة قبل التسخين (غ).

m_2 كتلة الجفنة وكتلة العينة بعد الكلسنة (غ).

III.4.1. كمية المواد العضوية (MO):

الفرق بين كتلة المواد الجافة وكتلة المواد المعدنية يقابل كتلة المواد العضوية ويمكن أن نعبر عنها بنسبة مئوية وزنية

$$MO = MS - MM \dots \dots \dots (4)$$

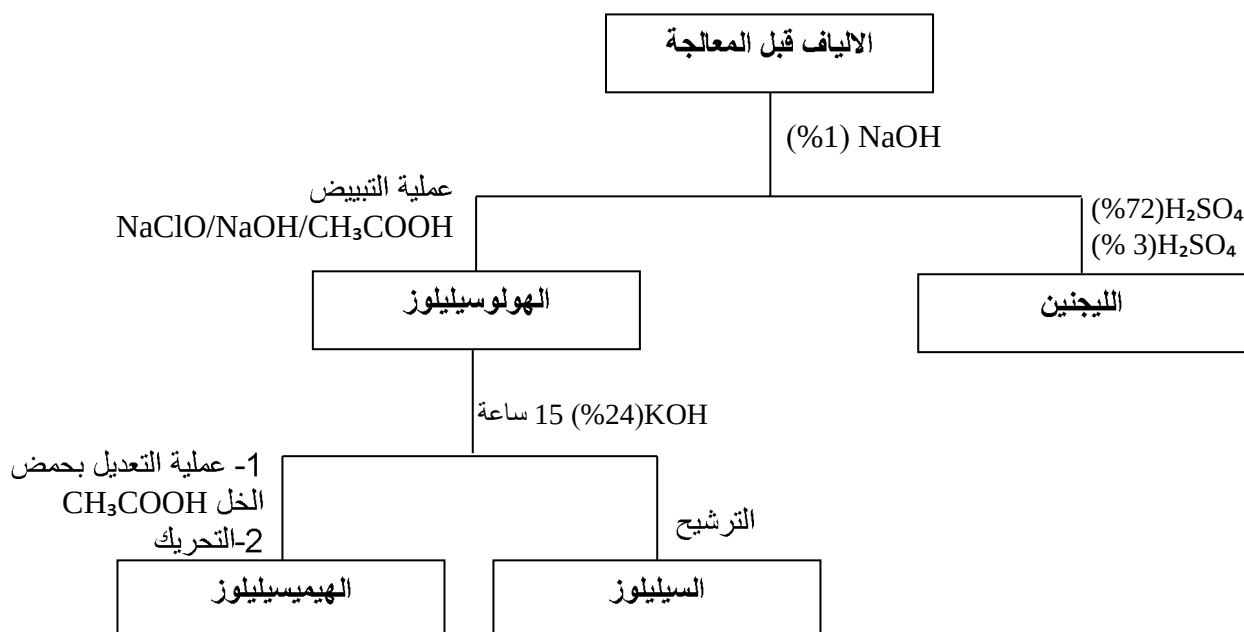
III.5.1. الاستخلاص: يتم استخلاص الألياف النباتية والمتمثلة في النخيل أولاً عبر مرحلة الجني، الانتقاء، التنظيف ثم بعملية السحق متبوعة ببروتوكول الاستخلاص المختار .

III.5.1.1. المعالجة الأولية: تم جني ألياف النخيل موضوع الدراسة من ولاية المسيلة منطقة الحوامد جنوب شرق الولاية بـ 60 كلم، يتم تنقية ألياف النخيل (الشكل 23) بعد جنيها وذلك بالتخلص من الأطراف الصفراء والبنفسجية ثم نقوم بغسلها بالماء بعد ذلك نقوم بطحنها .



الشكل (23): ألياف النخيل.

يتم تحديد نسبة مكونات الألياف وفق بروتوكول كلازون [3] الموضح في الشكل (24) حيث يتم معالجة الألياف بالصودا ثم بحمض الكبريت المركز للحصول على الليجنين ويتم الحصول على السيليلوز بعملية التبييض ثم المعالجة بهيدروكسيد البوتاسيوم، الرشاحة المحصل عليها يتم تعديلها بواسطة حمض الخل للحصول على الهيميسيليلوز.



الشكل (24): مخطط استخلاص مكونات الألياف النباتية (طريقة كلازون)

III.5.1.2. إستخلاص الليجنين (lignine): تم استخلاص الليجنين باعتماد طريقة كلازون باتتباع الخطوات الموضحة في الشكل (24) حيث نضع (10 غ) من العينة (النخيل) في 225 ملل من حمض الكبريت (75%) لمدة ساعتين (درجة الحرارة العادية 25 °م) ثم نقوم بإضافة 225ml من حمض الكبريت (3%)، يوضع مباشرة بعد الإضافة في جهاز التقطير الانعكاسي لمدة 6 ساعات تحت درجة حرارة 100 °م. نترك المزيج المحصل عليه لليلة كاملة. نقوم بترشيح الناتج ليترك ليحفظ في الهواء كما يوضح الشكل (25)، الناتج المحصل عليه يغسل بالماء الساخن لعدة مرات ثم نتركه في المجفف تحت درجة 105 °م



الشكل (25): ترشيح عينة الليجنين وتجفيفها.

III.5.1.3. استخلاص الدهون (graisse et cires):

تم استخلاص الدهون وفق الطريقة التالية [3] حيث نضع (10 غ) من العينة النخيل في محلول ثنائي كلور الميثان لمدة 24 ساعة ثم نرشح الناتج، نقوم بتبخير المذيب بواسطة جهاز التبخير الدوار بعد ذلك نزن المادة المترسبة المحصل عليها.

III.5.1.4. استخلاص الهولوسيليلوز (hollocellulose):

الهولوسيليلوز هو اسم مختصر لمكونين السيليلوز والهيميسيليلوز ويتم استخلاصهما على مرحلتين أساسيتين الأولى باستعمال هيدروكسيد الصوديوم ثم عملية التبييض للحصول على الهولوسيليلوز وبعدها يتم استخلاص المكونين باعتماد الفرق في الذوبانية.

- أ/ الإستخلاص بواسطة هيدروكسيد الصوديوم (NaOH):

نضع 10 غ من العينة (النخيل) في كمية كافية من الماء لغمس كل العينة لمدة تقدر بساعتين ثم تجفف بعد الترشيح

نضع العينة في حوالة تحوي 1 ل من (NaOH) بتركيز (2%) ثم نضع في حمام مائي تحت درجة حرارة (80 م°) لمدة ساعتين نرشح الناتج نستمر في غسله بإضافة الماء المقطر حتي يتم التعديل (الكشف بورق pH) نكرر العملية مرتين

- ب/ عملية التبييض (blanchiment):

نقوم بتبييض العجينة المحصل عليها من الاستخلاص بالصودا (بنية اللون) نستعمل لهذا الغرض كواشف كلورية مثل ماء الجافيل و محلول منظم حمضي من (27 غ من الصود في 50 مل من الماء المقطر نضيف لها 75 مل من حمض الخل نكملها بالماء المقطر إلى 1 ل)، نضع العجينة في محلول من (NaClO\ tampon acétique\ H₂O) (1:1:3)، تتم المعالجة في حمام مائي تحت درجة حرارة (80 م°) لمدة ساعتين ثم يرشح الناتج ويغسل بالماء حتى التعديل، نكرر العملية مرتين حتى نحصل على عجينة بيضاء تسمى الهولوسيليلوز (الشكل 26).

III.5.1.5. استخلاص السيليلوز (Cellulose):

هذه الطريقة تعتمد على الفرق في الذوبانية بين الهيميسيليلوز والسيليلوز في وسط قاعدي نأخذ الكمية المحصل عليها اثر العملية السابقة من الهولوسيليلوز ونذوبه في 70ml من هيدروكسيد البوتاسيوم (24%)، نبقي المزيج تحت التحريك لمدة 15 ساعة ثم ترشح العجينة وتتبع بالغسل إلى غاية ازالة الكلية للفائض من (NaOH) والمستدل عليه بورق pH وتتبع بعملية غسل ثانية بمحلول مخفف من حمض الخل ثم بالايثانول، نحصل على السيليلوز (الشكل 26) يجفف ثم يوزن .

III.5.1.6. استخلاص الهيميسيليلوز (Hémicellulose):

الرشاحة المحصل عليها من استخلاص السيليلوز تعدل بحمض الخل (50 %)، المستحلب يمزج لمدة 30 دقيقة. ثم يعالج المحلول بكمية قليلة من الإيثانول ثم نحركه جيدا، نرشح الناتج ونغسله بالإيثانول، فنحصل على الهيميسيليلوز (الشكل 26). يجفف ثم يوزن.



الشكل (26): مستخلص الهولوسيليلوز والسيليلوز والهيميسيليلوز المحصل عليه.

6.1.III. معالجة الألياف:

1. 6.1.III. المعالجة الميكانيكية:

تتم هاته العملية باتباع المراحل التالية: نزع ألياف النخيل بعناية حيث يتم إنتقاء الأوراق الطويلة والمناسبة. ثم تقص الأطراف والنهايات الصفراء والبنفسجية. تغسل الألياف بعناية بالماء ثم بالماء الساخن (50°م) لمدة ساعة .

يوضح الشكل (27) لبيفات النخيل محصل عليها بالمعالجة الميكانيكية بواسطة المشط المعدني.



الشكل (27): ورق ألياف النخيل المحضرة.

2. 6.1.III. المعالجة الكيميائية للألياف :

تعتبر مرحلة المعالجة الكيميائية أهم مرحلة في تهيئة الألياف لصناعة المركبات، وتتم المعالجة كيميائيا كمايلي:

نأخذ الألياف ونغمرها في محلول من (NaOH) وبعد انتهاء المدة نتخلص من الفائض من الصودا الممتصة بواسطة ماء مقطر لعدة مرات مع تجديد الماء، ثم نغمر في حمض الخل (2%) لمدة 3 دقائق ثم نغسل بالماء المقطر حتى التعديل.

إن الهدف من العالجة بالصودا هو تأين الزمرة الهيدروكسيلية (OH) كما يلي :



ملاحظة: تفاعل الصودا تصاحبه حرارة عالية لذلك يجب الحذر في التعامل معها أثناء المعالجة .

بالنسبة لدراسة أثر المعالجة الكيميائية إتبعنا المنهجية التالية:

- (1) التراكيز المختارة لهاته الدراسة هي: (1،4،10%) من الصودا.
- (2) نظرا لتأثير عامل الزمن في معالجة الألياف قمنا في مرحلة ثانية بنثبيت التركيز وتعرض الألياف للمعالجة الكيميائية في أزمنة مختلفة (3،7،24 و 48 ساعة).

ومن أجل توضيح عمليات المعالجة قمنا باعتماد الترميز التالي :

P: النخيل ، P0: النخيل غير المعالج.

Pxy (x: يرمز للتركيز ، y: يرمز للزمن بالساعات).

2.III. الطين الأحمر:

1.2.III. تحديد (pH):

نحضر معلق من الطين الاحمر والماء المقطر (10%) (m/v) يترك المحلول لمدة 4 ساعات في درجة الحرارة العادية نقرأ قيمة pH بعد عملية المزيج [4].

2.2.III. نسبة الرطوبة:

يكن قياس محتوى الرطوبة في تحديد كتلة الماء التي يتم إزالتها عن طريق تجفيف المادة الرطبة حتى يتم الحصول على كتلة ثابتة عند درجة حرارة (5 ± 105°C) لمدة 24 ساعة. وهذا يعطي المحتوى المائي للعينه التي تم تحليلها على النحو الذي اقترحه [5] تقاس نسبة الرطوبة بالعلاقة التالية:

$$H(\%) = \frac{m_{eau}}{m_s} * 100 = \frac{(m_t - m_s)}{m_s} * 100 \dots \dots \dots (6)$$

حيث:

m_{eau} : كتلة الماء

m_s : كتلة العينة الجافة

m_t : كتلة العينة رطبة

3.2.III. معامل التضخم:

نملاً أنبوب اختبار مدرج ب (50مل) من الماء المقطر نضيف له (0.5غ) من الطين الأحمر بعد 45 دقيقة نضيف مجدداً (0.5غ) بعد ساعتين نحدد حجم التضخم [6].

$$I g = \frac{Vg * 50}{(50 - H)} \dots \dots \dots (7)$$

4.2.III. الخاصية الغروية:

نضع كمية من الطين مع (0.2غ) من (MgO) بعد مزج المعلق لمدة 5 دقائق يوضع المزيج في أنبوبة مدرجة, بعد 24 ساعة يقاس الحجم العائم [7].

$$Co(\%) = 100 - V \dots\dots\dots(8)$$

III.2.5. المسامية: نضع كتلة قدرها (m1) من الطين في أنبوبة مدرجة (10 مل) نضيف كتلة (m2) من الميثانول حتى نصل الى حجم (2 مل) [5].

$$Por = \frac{V_1}{V_2} = \frac{(M_2 - M_1) - V_2}{V} \dots\dots\dots(9)$$

III.2.6. الكتلة الحجمية المطلقة:

- نملأ الانبوبة المدرجة بحجم الماء (V₁=150 مل).
- نزن عينة جافة (M=80 غ).
- إدخال الحبيبات في الانبوبة المدرجة وطررد فقاعات الهواء.
- نقرأ الحجم الجديد (V₂).
- حساب الكثافة المطلقة:

$$\rho_{abs} = \frac{M}{(V_2 - V_1)} \dots\dots\dots(10)$$

III.2.7. الكتلة الحجمية الظاهرية:

- نصب العينة الجافة في الحاوية ، في طبقات متتالية ودون تعبئة (استخدم القمع أو اليدين)
- نسوي السطح بتمرير المسطرة المعدنية
- وزن الحاوية المعبأة: (M)
- نحسب الكثافة الظاهرية

$$\rho_a = \frac{M}{V} \dots\dots\dots(11)$$

ملاحظة:

نلاحظ أن الحبيبات التي تشكل العينة محاطة بالفراغ. لذلك فإن حجم الحبيبات يمكن أن يعني شيئين:

- حجم الحبيبات فقط "الكتلة الحجمية المطلقة"
- حجم الحبيبات مع الهواء "الكتلة الحجمية الظاهرية"

III.2.8. التدرج الحبيبي للتربة:

يستخدم اختبار التدرج الحبيبي في تصنيف التربة وفقا للمعيار الفرنسي (NFP18-560) [8] وذلك عن طريق التحليل المنخلي لها باستخدام المناخل ويتم بعد ذلك رسم منحنى التدرج ومن ثم تحديد نسب المواد المكونة للتربة والتي من أهمها نسبة المواد الطينية .

(أ) الغرض من الاختبار:

- تحديد أبعاد الحبيبات المشكلة لعينة الطين
- تحديد نسب الحبيبات من نفس الحجم (بالوزن %).

- نستنتج وحدة الدقة والنعومة (M_f)
- ب) الأدوات المستخدمة: يوضح الشكل (28) أهم الأدوات المستخدمة في اختبار التدرج الحبيبي
- مجموعة من المناخل حسب المواصفات .
- ميزان بحساسية 0.1 غرام .
- جهاز الهز الميكانيكي.
- طريقة الاختبار:
- يتم الحصول على حوالي (500 غ) من التربة .
- ترتب المناخل المطلوبة من الأعلى إلى الأسفل حسب حجم أكبر حبيبات التربة ثم ضع التربة وهز المناخل بعد تغطيتها باليد أو باستخدام الهزاز الميكانيكي لحين توقف التربة عن المرور .
- يقاس وزن التربة المتبقية على سطح كل منخل إلى أقرب (0.1 غ) وقارنه بوزن التربة عند بداية الاختبار.
- نحسب نسبة الوزن المرتد ومنه نسبة التربة المارة وسجل البيانات في النموذج المعد لذلك ومن ثم ارسم منحنى التدرج .
- رسم منحنى التدرج الحبيبي:
- رسم منحنى حجم الحبيبات (نسبة الكتلة المتبقية في الغربال المتراكمة بدلالة اقطار الحبيبات %).
- (12) $Tamiset \% = f(\log d)$
- d: قطر شبكة غربال.



الشكل (28): أدوات قياس التدرج الحبيبي.

9.2.III. تجربة حدود أটারبارغ:

الهدف من التجربة: تحديد نسب الرطوبة التي تنتقل فيها التربة الناعمة من الحالة السائلة إلى الحالة اللدنة و من الحالة اللدنة إلى الحالة الصلبة .و تستخدم هذه الحدود في تحديد نوعية التربة و تصنيفها و تحديد انضغاطية التربة وذلك وفقا للمعيار الفرنسي (NF P 94-051) [9].

أولاً-حد السيولة (WI):

نسبة الرطوبة التي إذا زادت عن هذا المقدار تحولت التربة إلى الحالة السائلة أو هي أقل قيمة للرطوبة تجعل التربة تنزلق بتأثير وزنها الذاتي.

الأدوات المستخدمة

- جهاز كازغراند و يتألف مما يلي: قاعدة من المطاط القاسي، محرك وطاسة نحاسية مثبتة مع الجهاز ترتفع عند الجهاز بمقدار (1 سم) ثم تهبط على قاعدة الجهاز بسرعة 2 دورة/ثانية عداد رقمي لتسجيل عدد الضربات.

- محرّ ذو رأس بسماكة (1سم).

- سكين تسوية تساعد في وضع التربة داخل الطاسة و تسوية سطحها.

- مجحاف يستخدم لعجن العينة.

طريقة العمل: يتم قياس حد السيولة باتباع المراحل الآتية والموضحة في الشكل (29)

- نخلط التربة ونقسمها بشكل رباعي ثم ننخل كمية كافية منها على المنخل رقم (N.40) .

- نضيف الماء للتربة ,وتعجن بالمجحاف ثم نضع كمية منها في طاسة الجهاز و تسوى بالسكين المخصصة لذلك

- نفتح شق بواسطة المحز .

- نشغل الجهاز فتبدأ التربة بالسيلان باتجاه الشق و لا نوقفه حتى يلتحم الشق بمقدار (13 مم) عندها نقرأ عدد الضربات من العداد.

- نأخذ كمية من التربة من منطقة التحام الشق و نزنها رطبة ثم نزنها بعد تجفيفها بالفرن

- نكرر العملية حتى نحصل على 4 أو 5 قراءات لعدد الضربات تقع بين 10 و 50 ضربة.

- نمثل العلاقة بين نسبة الرطوبة و عدد الضربات على مخطط محوره الأفقي يمثل عدد الضربات بمقياس لوغاريتمي, أما المحور العمودي فيمثل نسبة الرطوبة بمقياس عادي.

- نصل بين النقاط الناتجة معنا بأقرب خط مستقيم يقع بين هذه النقاط.

- نوجد نسبة الرطوبة المقابلة للضربة 25 من المخطط وهي التي تمثل حد السيولة.

ملاحظات:

1. نستخدم في التجربة الماء المقطر.

2. إذا كانت العينة رطبة في الطبيعة يسمح بتجفيفها بالهواء و يمنع تجفيفها بالفرن لأن ذلك يقلل من قيمة

حدي السيولة و اللدونة بمقدار (2-6 %) على عكس التجفيف بالهواء.

3. إذا كانت العينة ذات طبيعة غضارية يفضل نقعها بالماء مدة 24 ساعة ومن ثم إجراء التجربة عليها.



الشكل (29): خطوات قياس حد السيولة.

ثانياً- حد اللدونة (WP):

أقل قيمة للرطوبة التي تبدأ عندها خواص اللدونة بالظهور أو هي نسبة الرطوبة التي إذا نقصت عن هذا المقدار تصبح فيها التربة غير لدنة (حالة صلبة) و تعرف بحسب أটারبارغ بأنها نسبة الرطوبة التي تبدأ عندها فتائل من التربة بقطر (3مم) بالتشقق.

الأدوات المستخدمة:

لوح زجاجي أو أي سطح أملس.

طريقة العمل: يتم قياس حد اللدونة باتباع المراحل الآتية والموضحة في الشكل (30)

- نضغط على عجينة من التربة (فقط المار من المنخل رقم 40) مع الماء وزنها من 20 غ إلى 30 غ لنجعلها بشكل كرة براحة اليد.
- نضع الكرة على اللوح الزجاجي و نبدأ بصنع فتائل براحة اليد حتى تصبح هذه الفتائل بقطر (3mm) ثم نعود و نحولها إلى كرات مرة ثانية و نكرر صنع الفتائل حتى نحصل على تشققات في الفتيلة ذات القطر (3 مم).

- نقسم هذه الفتائل و نأخذ وزنها و هي رطبة ثم نجففها بالفرن ثم نحسب نسبة الرطوبة فيها.

- نكرر العملية ثلاث مرات على الأقل و نأخذ عينات جديدة و نحدد نسبة الرطوبة فيها.

- حسب حد اللدونة بأخذ وسطي النتائج التي حصلنا عليها

ملاحظة: يجب أن تكون النتائج في كل مرة متقاربة من بعضها البعض بحيث لا تتجاوز الفروقات بينها (2%)



الشكل(30): خطوات قياس حد اللدونة.

3.III. تحضير الألياف للمواد المركبة:

تتم عملية تحضير المركبات على عدة مراحل هي كالتالي:

-تحضير القالب: القالب المستعمل في تحضير عينات الألياف المدروسة والموضح في الشكل (31) منشور الشكل (4*4*16 سم³) والذي يتوافق مع المعيار (EN 196-1) حيث يتم تغليف قاعدته بمادة غير لاصقة لتفادي التصاق المادة المركبة مع القالب ونسد الثغرات الجانبية إن وجدت



الشكل(31): القالب المستعمل في اختبار الثني والضغط.

1.3.III. تحضير الطين الأحمر:

نقوم بإحضار الطين الأحمر ثم نقوم بطحنه وغربلته باستخدام منخل ذي قطر (400 ميكرومتر) كما هو موضح في الشكل (32).



الشكل(32): تحضير الطين الأحمر

2.3.III. تحضير المادة المركبة:

يتم تحضير المادة المركبة وفق عدة مراحل والموضحة في الشكل (33) حيث أولا تسكب كمية من الطين الاحمر قدرها (500غ) في الخلاط ثانيا يضاف لها كمية من الالياف بنسب مختلفة (1،2،3 %) ثالثا يضاف له كمية من الماء بنسبة 30% تمزج لمدة 3 دقائق رابعا تصب على سطح القالب مع تعميم المادة على طول السطح وفي الأخير نقوم بعدها بعملية الاهتزاز بوضع القالب في الجهاز الهزاز. ونترك القالب يتصلب في درجة حرارة عادية لمدة كافية ولا ينزع المركب حتى نتأكد من تصلبه جيدا. الزمن المستغرق 28 يوما



الشكل(33): مراحل تحضير المركب

III.4. الأجهزة المستعملة:

أ/ جهاز الأشعة تحت الحمراء(IR):

لكي تكون الجزيئة فعالة في مطيافية الأشعة تحت الحمراء، بمعنى أنها تعطي طيفاً في هذه المنطقة، يجب أن تمتلك الجزيئة عزم ثنائي قطب. وعند تسليط الأشعة تحت الحمراء على الجزيئة الفعالة في هذه المطيافية سوف يحصل تداخل بين المجال الكهربائي لتردد معين من الأشعة المارة مع المجال الكهربائي المتولد عن عزم ثنائي قطب. ويكون هذان المجالان متكافئين تماماً. وفي هذه اللحظة يحصل امتصاص طاقي ينقل من مستوى اهتزازي أدنى إلى مستوى اهتزازي أعلى. وعند فقدان الطاقة والرجوع إلى مستوى اهتزازها الأصلي يحصل انبعاث ينتج عنه إشارة كهربائية تجس من قبل الكاشف، وتسجل من قبل المسجل تمثل صورة طيف الأشعة تحت الحمراء (أطياف الامتصاص المحصل عليها من 500 إلى 4000 سم⁻¹)، تم طحن العينة

ومزجها جيدا مع (KBr) وإعداد الرقاقات بواسطة جهاز الضغط تمت دراسة نطاق الامتصاص في المجال باستخدام جهاز IR المبين في الشكل (34) من نوع (Shimadzu, series 8300, Japan).



الشكل(34): جهاز الأشعة تحت الحمراء

ب/ جهاز الأشعة السينية (DRX):

درجة تبلور ألياف النخيل تم تحديدها بواسطة جهاز الشعاع السينية المبين في الشكل (35) من نوع ((X'Pert Pro PW3209, PANalytical, France)) تم تسجيل أنماط الانحراف من 10° إلى 40°، تم استخدام حيود الأشعة السينية لدراسة التغيرات الهيكلية للألياف من حيث مؤشر التبلور (CrI) ،سيقال ورفقاؤه [10] طورو طريقة تجريبية لتحديد درجة تبلور السيليلوز (I)، يمكن التعبير عن السيليلوز (I) البلوري في السيليلوز الكلي بالمعادلة:

$$CrI\% = \frac{(I_{002} - I_{am})}{I_{002}} * 100 \dots\dots\dots(13)$$

حيث:

I_{002} : يميز المستوى (002) الطور البلوري وغير البلوري.

I_{am} : يميز الطور غير البلوري.

من خلال المنحنيات المحصل عليها فالطيف الخاص بحيود الأشعة السينية في المجال المدروس كل الاطيف تحوي نبضين احدهما ($2\theta = 22.7^\circ$) تمثل الشدة القصوى تنسب الى السيليلوز (الطور البلوري)، والنبض ($2\theta = 15.2^\circ$) تمثل الشدة الدنيا وتنسب إلى الهيميسيليلوز والليجنين (الطور اللابلوري) [11]. فالمعالجة القلوية إذن تؤدي إلى نقص كمية المادة غير البلورية في الألياف (انحلال الهيميسيليلوز ، الدهون والشموع) هذا النقص يزيد من درجة التبلور.

ج/ جهاز المجهر البصري (Microscope Optique):

وهو عبارة عن مجهر بصري قدرة تكبيره حوالي (100*75) وهو مرتبط بجهاز كمبيوتر خاص وقد تم استعمال في هذا العمل جهاز المجهر البصري الموضح في الشكل (35) من نوع (microscop Motic images 2000 version 1.3) بقدرة تكبير (4*75)



الشكل (35): جهاز المجهر البصري

د/ جهاز المجهر الالكتروني الماسح (MEB):

للحصول على الصورة المورفولوجية السطحية للألياف تم استخدام جهاز الماسح الالكتروني الضوئي (Hitachi S 800) بواسطة طريقة تصوير الالكتروني الثانوي مع توتر تسارع شعاع (15 Kv). (800)



الشكل (36): جهاز المجهر الالكتروني الماسح

ه/ جهاز التحليل الوزني الحراري (ATG):

بالنسبة للخصائص الحرارية للعينات تمت بواسطة التحليل الوزني الحراري (ATG) لدراسة الاستقرار الحراري للألياف أجريت القياسات ابتداءً من درجة حرارة الغرفة إلى (700 °م) بمعدل تسخين (10 °م) في الدقيقة باستعمال (SETSYS Evolution ATG-ADT/DSC).

و/ جهاز الشد و الضغط:

اختبار الشد والضغط لعينات مركبات الطين هي اختبارات عيارية لتعيين الخواص الرئيسية للمواد، تحضر لهذه الاختبارات عينات لها أبعاد معينة (16*4*4 سم³) يتم شد العينة من طرفيها وتطبق عليها قوة الشد و قوة الضغط تم استخدام جهاز الشد والضغط (الشكل 37) من نوع (Control's NORME en196-1).



الشكل (37):جهاز الشد والضغط

ي/ مطيافية الاشعة السينية بالالكترون الضوئي:(XPS)

يستخدم التحليل الطيفي الضوئي للأشعة السينية (XPS) لتحديد التركيب الكيميائي للعينة. تشير مطيافية الانبعاث الضوئي (المطيافية الكهروضوئية) إلى قياس طاقة الإلكترونات المنبعثة من المواد الصلبة أو الغازات أو السوائل بواسطة التأثير الكهروضوئي حيث من أجل تعيين طاقات للإلكترونات الموجودة في مادة ما و لتحديد طاقة التأين للجزيئات. يتم اشعاع العينة بشعاع دقيق من الأشعة فوق البنفسجية، الإلكترونات الناتجة عن تلك العملية تمرر خلال شق (فتحة ضيقة) إلى منطقة مفرغة حيث تتحرف بتأثير مجالات مغناطيسية أو كهربائية لتعطي طيف للطاقة . الطيف الإلكتروني الضوئي يشمل قمم ترتبط مع طاقات التأين للجزيئات.

أحيانا يشار إلى XPS باسم PESIS (مطيافية الإلكترون الضوئية للأفلاك الداخلية) ، في حين يشار إلى الإشعاع المنخفض الطاقة لضوء الأشعة فوق البنفسجية باسم PESOS (الأفلاك الخارجية) لأنه لا يمكن أن تنثير الإلكترونات الداخلية.

وقد تم استخدام جهاز من نوع (Bruker D4 Endeavor AXS GmbH Allemagne 2007) وهو موضح في الشكل (38).



الشكل (38): مطيافية الاشعة السينية بالالكترون الضوئي

- [01] Norme française NF V03-903 « Graines oléagineuses. Détermination de la teneur en eau et en matières volatiles » (Avril 1966).
- [02] Norme française NF EN 322« Panneaux à base de bois - Détermination de l'humidité» (Juin 1993).
- [03] A.Sbiai« Materiaux composites a matrice epoxyde chargee par des fibres de palmier dattier : effet de l'oxydation au tempo sur les fibres » thèse de doctorat université de lyon(2011).
- [04] N.C. Amin, Y.Y.J. Andji, M. Ake, S.F. Yolou, A. Toure Abba, J. Kra Gabrielle, J. Sci. Pharm. Biol. 10 (2009).
- [05] J.C. Chossat « La mesure de la conductivité hydraulique dans les sols _ Choix des méthodes » Lavoisier, USA, 720 p5, (2005).
- [06] P. Rollet, R. Bouaziz « L'analyse thermique _ les changements de phase » édition Gautier-Villard, Tome 1, Paris, (1972).
- [07] Gillot, E. Jack« Clay engineering geology» John Wiley et Sons, Inc., (1984).
- [08] Norme française NF P 18-560 « Sols : reconnaissance et essais Analyse granulométrique– méthode par tamisage à sec après lavage » 16 p (1996).
- [09] Norme française NF P 94–051 « Détermination des limites d'Atterberg : limite de liquidité à la coupelle, limite de plasticité au rouleau » 16 p (1993).
- [10] L. Segal, J.J. Creely, A.E. Martin, C.M. Conrad« An empirical method for estimating the degree of crystallinit of native cellulose using the X-ray diffractometer » Text. Res. J. 29, 786 (1959).
- [11] P.Saha, S.Manna , S.R.Chowdhury , R.Sen ,D.Roy , B.Adhikari« Enhancement of tensile strength of lignocellulosic jute fibers by alkali-steam Treatment» Bioresour.Technol., 101, 3182–3187(2010).

الفصل الرابع:

مناقشة النتائج

ينقسم هذا الفصل إلى قسمين: القسم الأول نتناول فيه أولاً تحديد نسب مكونات ألياف النخيل و النتائج التحليلية لها، مع دراسة مدى تأثير المعالجة القلوية بمحلول من الصودا على الألياف ، ومن خلالها تم تناول العوامل المؤثرة على المعالجة مثل التركيز و زمن المعالجة. إن الهدف من ذلك هو اختيار الشروط التجريبية الأمثل لمعالجة ألياف النخيل، قصد التحسين من خصائصها لاستعمالها كتنقوية للمادة المركبة التي نحن بصدد دراستها. والتي بالتأكيد ستتعاكس بالإيجاب على الخصائص الميكانيكية للمادة المركبة. من بين الإختبارات المستعملة لهذا الغرض هو: التحليل باستعمال المجهر الإلكتروني الماسح (MEB)، التحليل باستعمال المجهر الضوئي (Microscope Optique)، التحليل باستعمال (DRX)، التحليل بالأشعة تحت الحمراء (IR)، التحليل الوزني الحراري (ATG)، ثانياً مكونات الطين الأحمر وخصائصه الجيوتقنية.

أما القسم الثاني فيتناول الإختبارات الميكانيكية التي أجريت على مختلف العينات للمواد المركبة المحضرة ودراسة مدى تأثير المعالجة القلوية بمحلول من الصودا على الخصائص الميكانيكية للمركب. من بين الاختبارات التشخيصية: إختبار الشد، إختبار الضغط.

IV. 1. خصائص الألياف النخيل:

IV. 1.1. الخصائص الفيزيائية والكيميائية لألياف النخيل:

محتوى المادة الجافة في معظم النباتات يختلف تبعاً للرطوبة النسبية حيث أن زيادة أو انخفاض الرطوبة يؤدي إلى زيادة أو انخفاض في محتوى الماء من الألياف و هذا يسبب اختلاف ملحوظ في الأبعاد ويحد من التطبيقات الصناعية [1،2]. في حالة ألياف النخيل لدينا ، من خلال التجارب التي قمنا بها تم الحصول على النتائج التالية: نسبة المادة الجافة هي 85.63 % ؛ في حين أن المادة المعدنية تمثل 5.7 % من المادة الجافة (الجدول 6). نؤكد أن هذه النتيجة هي قريبة من ألياف الحلفاء ، والتي هي حوالي 4.3 % [3]. سيكا وآخرون [4] أثبتوا أن المادة المعدنية لألياف الكيناف تقارب 8.3 % من المادة الجافة. هذا المحتوى لا يزال أكبر بكثير مما هو عليه في ألياف النخيل.

الجدول(6): الخصائص الفيزيائية والكيميائية لألياف النخيل

الخصائص	المادة الجافة	المادة العضوية	المادة المعدنية	الرطوبة
النسبة	85.63%	79.93%	5.7 %	14.37%

IV. 2.1. المكونات الكيميائية لعينة ألياف النخيل:

من خلال عملية الاستخلاص المتبعة طريقة كلازون [5] نستنتج أن المكونات الأساسية والغالبة للألياف النباتية على التوالي هي: اللجنين ، السيليلوز و الهيميسيليلوز كما هو موضح في الجدول (7) عمليا السيليلوز (35.75 %) هو المكون المهم والرئيسي للألياف ، أما بالنسبة للهيميسيليلوز واللجنين فهي تلعب دور المواد الرابطة والتي تضمن التصاق الليفيات السيليلوزية مع بعضها والتي يتم التخلص منها بمختلف المعالجات الكيميائية لتحسين خصائص الألياف.

- بالنسبة للألياف النباتية كمية السيليلوز مهمة في تحديد الخصائص الميكانيكية (الصلابة)؛ العينة المدروسة أعطت نسبة (35.75%) وهذه النسبة قابلة للمقارنة مع ألياف (الكتان، الكفاف، الجوت) [2]. وهي قريبة من نظيرتها في ألياف الحلفاء والمقدرة ب 38% [3].

- محتوى الهيميسيليلوز في ألياف النخيل لا يزال ضعيفا (12 %). إنه أقل من ألياف الحلفاء هذه الأخيرة تحتوي على 29.46% الهيميسيليلوز [6]، في حين أن ألياف القنب لا تحتوي إلا على 10% [3،7].

- ألياف النخيل غنية جدا باللجنين، وهو المكون الرئيسي الثاني في ألياف النخيل بنسبة 33 % وهي قريبة من تلك المحدد في حالة قصب الخيزران والسكرانه أكبر 3 مرات منها في ألياف أوراق الأباكا والسيزال أين يمثل اللجنين في المتوسط 8 % فقط من المواد جاف [5].

- بصفة عامة نسب مكونات الألياف النباتية تتعلق بالمادة المراد دراستها، نوعها، المنطقة الجغرافية وزمن الجني وفي الأخير يمكن القول بأنه إنطلاقا من بنية ألياف النخيل والتي تحوي على كمية من السيليلوز كبيرة نسبيا فإن ذلك يرشح النخيل أن يكون منافسا لألياف الحلفاء في الاستعمالات المختلفة.

الجدول(7): العناصر المكونة لألياف النخيل

ألياف النخيل (منطقة المسيلة) طريقة كلازون	النسبة الكتلية كل مكون (%)
السيليلوز	35.75 %
الهيميسيليلوز	12 %
اللجنين	33 %

الدهون	% 9
--------	-----

3.1.IV. الاختبار باستعمال جهاز الميكروسكوب الضوئي (Microscope Optique):

المعالجة القلوية لها تأثير على الألياف حيث تزيل قدرا معينا من اللجنين، والشمع والشوائب التي تغطي سطحها الخارجي [8]. كما أن المعالجة بهيدروكسيد الصوديوم يؤدي إلى تأين مجموعة الهيدروكسيل من الكوكسيد [9] كما هو موضح في المعادلة:

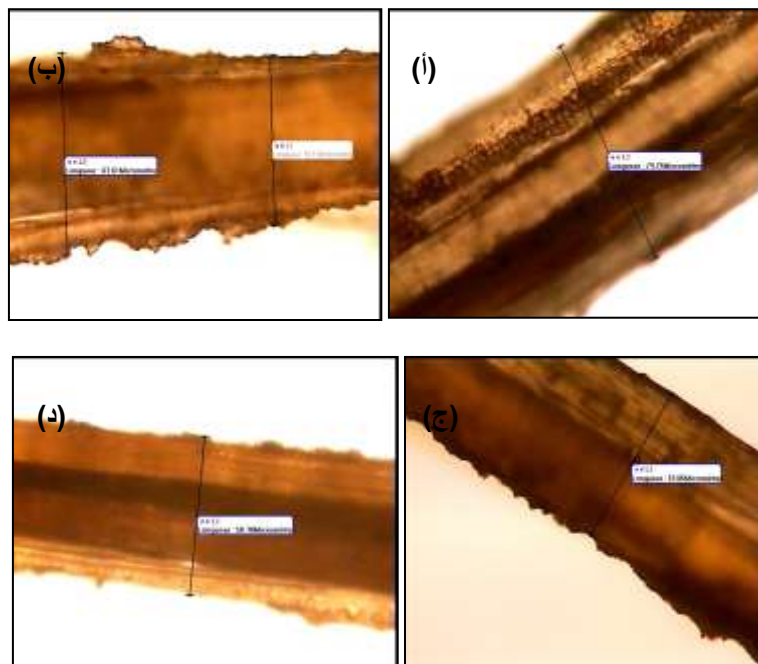


كما تؤثر أيضا تأثيرا مباشرا على الليفيات ودرجة البلورة للسليولوز . وتؤدي إلى استخلاص اللجنين و الهيميسيلولوز من الألياف [9]. وللتعرف أكثر على التغيرات الناتجة في مورفولوجية ألياف النخيل بسبب المعالجة القلوية بمحلول من الصودا قمنا باختبار تشخيصي باستعمال المجهر الضوئي. من خلال الشكل ((39)،(40)،(41)،(42)) يظهر بوضوح شديد، التغير الناتج في مورفولوجية ألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بتراكيز مختلفة. الشكل (39) يظهر الطبيعة الخشنة لسطح من ألياف غير معالجة. وتتميز هاته الخشونة بتوزيع غير متكافئ. يمكن أن يعزى هذا إلى مكونات غير سليلوزية (مواد شمعية والزيوت والشوائب) [10،11]



الشكل (39): صورة بالمجهر الضوئي لألياف النخيل غير المعالجة (P0000).

مورفولوجية الألياف بعد ذلك تتغير بتغير تركيز الصودا لكل من عينات الألياف التالية (P0103، P0403، P1003) كما هو موضح في الشكل ((40)، (41)، (42)) أو زمن المعالجة لكل من عينات الألياف التالية (P0124، P0148، P0424، P0448) كما هو مبين في الشكل ((40)، (41)) وتغير الخشونة على سطح الألياف يصير واضحا جدا. كما أن الألياف المعالجة تميل إلى أن تصبح صفراء. هذا الاختلاف هو بسبب تفكك الجزء الأكبر لمكونات التقوية مثل الهيميسيلولوز واللجنين .

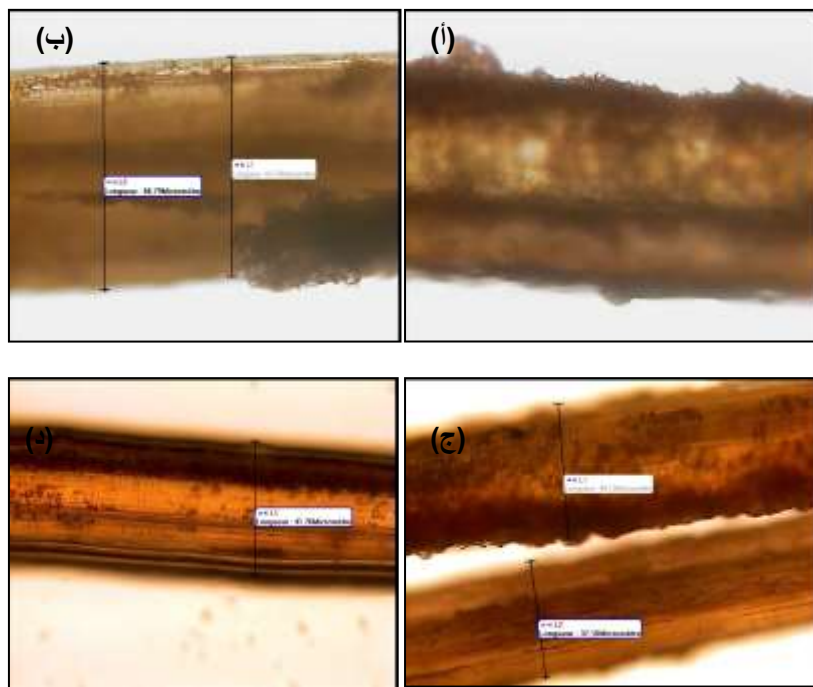


الشكل (40): صورة بالمجهر الضوئي لألياف النخيل المعالجة بالصودا بتركيز (1%).

(أ): العينة P0103 (ب): العينة P0107

(ج): العينة P0124 (د): العينة P0148

قمنا بدراسة تأثير عامل زمن المعالجة القلوية على خصائص ألياف النخيل ومن خلال تثبيت التركيز نلاحظ أن زمن المعالجة له تأثير كبير للألياف غير المعالجة يلاحظ عدم انتظام في الشكل الخارجي مع وجود طبقة سميكة من الدسوم والشموع والبكتينات التي تغطي الليفيات كما أن عملية التليف تبدأ بالظهور تدريجيا بزيادة تركيز المعالجة حيث تظهر بوضوح في العينات (P0424، P0448) كما يبين الشكل الشكل (41)، هذا التليف قد يكون سببه إزالة المركبات الشمعية [12، 13].



الشكل (41): صورة بالمجهر الضوئي لألياف النخيل المعالجة بالصودا بتركيز (4%).

(أ): العينة P0403 (ب): العينة P0407

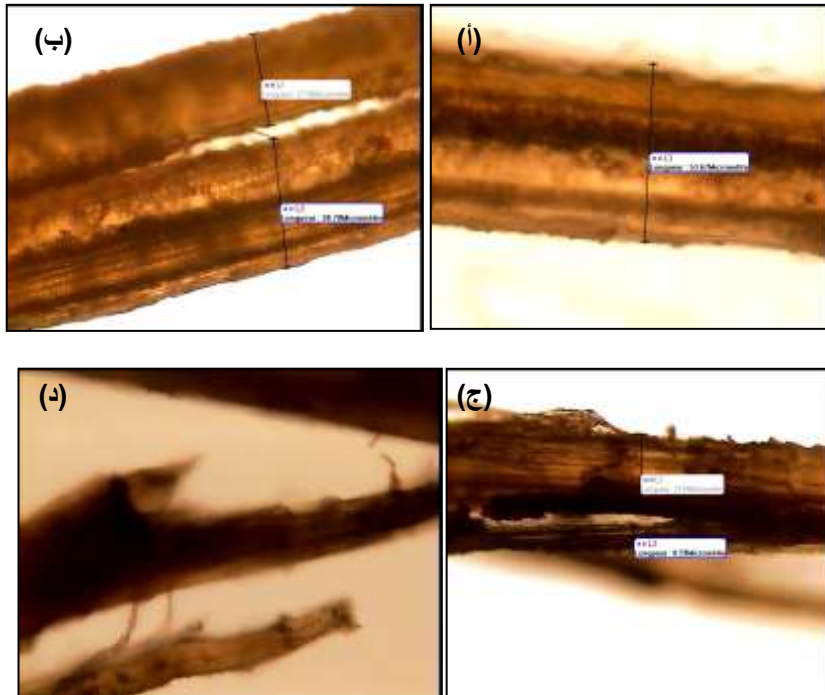
(ج): العينة P0424 (د): العينة P0448

من خلال الجدول (8) يظهر أن المعالجة الكيميائية تنقص من نصف قطر ألياف النخيل عن طريق إزالة جزئية للشموع والشوائب والمواد التي تضمن الالتصاق لألياف السليلوز الدقيقة كما ذكر ذلك العديد من الباحثين [15،14]. زيادة تركيز المحلول القلوي و/ أو زمن الغمس للألياف ، يجلب ميزة الإنقاص من مكونات التقوية ويضعف من قوة الالتصاق بين الليفيات ، ومن خلال ذلك فإن الفصل بين الألياف الفردية يصبح شيئاً فشيئاً سهلاً. وبعبارة أخرى ،يمكن القول بأن المعالجة القلوية تؤدي إلى تليّف الألياف و تفكك الحزم . وهذا يزيد من المساحة الفعالة للتلامس مع المصفوفة، وبذلك تتحسن الخواص الميكانيكية للمركبات [17،16،11،10] .

الجدول (8): قطر ألياف النخيل (ميكرومتر) غير المعالجة والمعالجة بالصودا

التركيز	الزمن	3سا	7سا	24سا	48سا
0 %		96.01 (مكم)			
1 %		74.75 (مكم)	63.61 (مكم)	53.66 (مكم)	50.30 (مكم)
4 %		70.17 (مكم)	66.79 (مكم)	45.10 (مكم)	41.76 (مكم)
10 %		53.67 (مكم)	38.78 (مكم)	23.84 (مكم)	17.64 (مكم)

مع زيادة التركيز يتم التخلص جزئياً من الطبقة غير السيليلوزية السطحية وهذا مايفسر التغير الحاصل في صور الألياف ونلاحظ كذلك ظهور خيوط منفصلة نسبياً تمثل الليفيات السيليلوزية والفراغات بينها ومع ذلك قد تكون المعالجة القلوية ضارة وتتسبب في إضعاف الألياف. والصورة المجهرية للعينات (P1024 ، P1048) في الشكل (42) تبين بنية سطح ألياف من الحلفاء معالجة بمحلول من الصودا 10%، وتظهر بوضوح إزالة الشوائب، و طبقات شمعية على سطح الألياف إزالة تامة، ويبدو أن المعالجة بمحلول من الصودا تركيزه 10% لمدة 24 ساعة و48 يؤدي إلى إتلاف الألياف بشكل ملحوظ.، إيكهورن وآخرون [18] ذكروا أن تعديل الألياف يمكن أن يؤدي إلى زيادة أو إنقاص مقاومتها. كذلك فإن فهم ما يحدث على مستوى بنية الألياف هو أمر في غاية الأهمية.



الشكل (42): صورة بالمجهر الضوئي لألياف النخيل المعالجة بالصودا بتركيز (10%).

(أ): العينة P1003 (ب): العينة P1007

(ج): العينة P1024 (د): العينة P1048

إن أحسن تركيز للمعالجة يؤدي إلى نزع كمية كبيرة من مواد الطبقة الخارجية التي تحيط بالألياف هو عند 4 % : حيث تظهر الليفيات بشكل واضح والسطح خالي نسبياً من الزيوت والشموع (الشكل 41).

IV.4.1. الاختبار باستعمال جهاز الإلكتروني الماسح (MEB):

هناك أنواع مختلفة من المعالجات التي تسمح بتعديل الكثير من خصائص الألياف الطبيعية. من بينها تحسين التصاق الألياف بالمصفوفة وتحديث رابط قوي بين الواجهة البينية ألياف-مصفوفة. إذن يمكن القول بأن الالتصاق الجيد في الواجهة البينية يساهم بدوره في تحسين انتقال الحمولة بين الألياف والمصفوفة، وبالتالي التحسن في الخصائص الميكانيكية يكون بشكل أفضل.

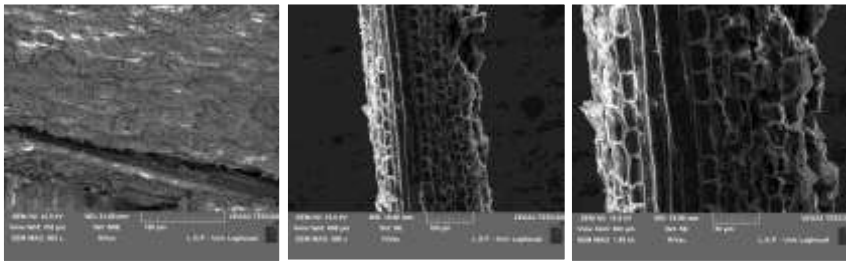
هناك العديد من المعالجات المستعملة في سطح الألياف والتي تناولناها في الدراسة النظرية لها تأثير إيجابي في تحسين خصائص الألياف النباتية والزيادة من صلابتها مما يؤدي إلى تحسن في الخصائص الميكانيكية للمركبات المحضرة بها [19-24].

من بين التقنيات الأكثر استعمالاً في تحسين الخصائص الميكانيكية للألياف النباتية هي المعالجة القلوية [25,26]. لذا قمنا باختيار هذه المعالجة في دراستنا مع الاستفادة المثلى للعوامل المذكورة التي تساهم في تحسين الخصائص الميكانيكية للمركبات المحضرة مثل التركيز و زمن المعالجة.

في البداية قمنا بمعالجة عينات من النخيل بمحاليل من الصودا مختلفة التراكيز وهي على التوالي: الصودا (1،4،10%)، ومن خلال الصور المأخوذة بواسطة المجهر الإلكتروني الماسح (MEB) للعينات المعالجة (الشكل (43)، (44)، (45)، (46)) فإنها تظهر مدى تحسن السطح الخارجي للألياف، وإزالة الطبقة التي تغطي الليفيات المجهرية (microfibrilles).

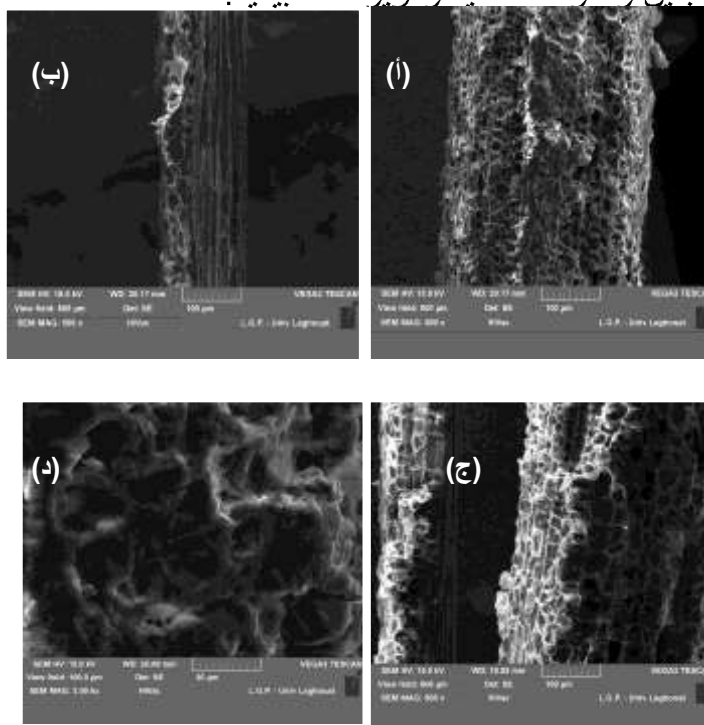
تعتبر التغيرات التي تطرأ على التركيب السطحي للألياف مهمة لتقييم تفاعلها مع المصفوفة غير العضوية في المركبات. يتبين من خلال صور مسح الميكروسكوب الإلكتروني لألياف النخيل الخام والمعالج تغير سطح الألياف بصورة واضحة . تحتوي الألياف غير المعالجة (P0000) ، كما هو موضح في الشكل (43) ، على سطح غير منتظم ومغطى بطبقة من الشوائب. طبقة الشوائب تمنع التصاق بيني بين المصفوفة الليفية [27] وتؤثر مباشرة على صلابة الألياف [28]. علاوة على ذلك ، لا يزال هيكل الجدران الخلوية النموذجي الذي يحيط ببعض الألياف الليفية واضحاً. من ناحية أخرى ، هيكل ألياف النخيل مسامي [29] وجود

المسامات في الألياف تدل أحيانا على وجود الماء (القدرة على امتصاص الماء) [30] يوضح الشكل (43) أن الألياف تتكون من حزم من الليفيات والأخاديد المؤلفة من الأوعية [29].



الشكل (43):صورة مجهرية (MEB) لألياف النخيل غير المعالجة (P0000).

تظهر الألياف المعالجة زيادة في خشونة السطح ونوعيته [30] من حيث تقليل الشوائب كما هو واضح في العينات (P0124،P0107) في الشكل (44) والعينة (P0403) في الشكل (45) والعينات (P1007،P1003) في الشكل (46)، يتم التأكد من نقصان القطر لجميع الألياف المعالجة نتيجة إزالة جزء معين من مادة الهيميسليلوز واللجنين والمواد الشمعية والزيوت الطبيعية.

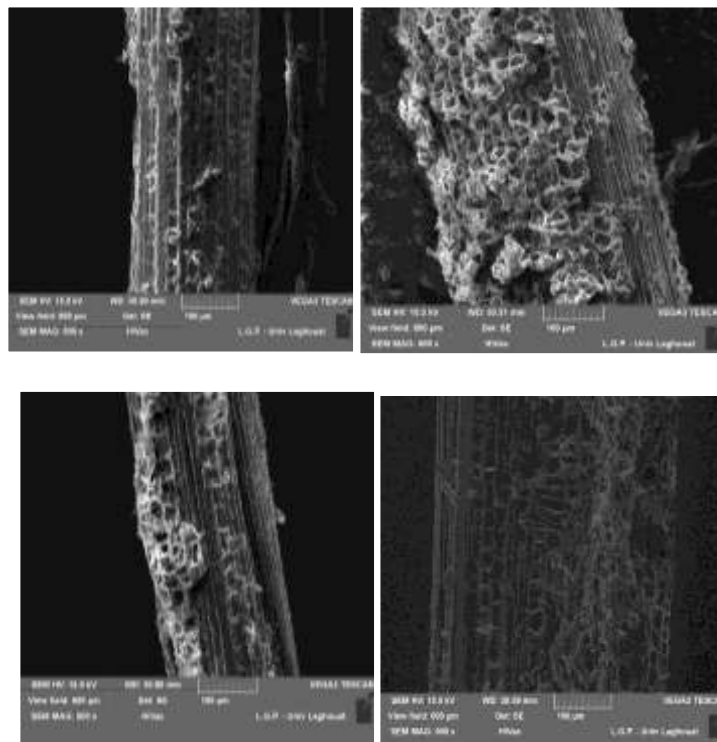


الشكل (44): صورة مجهرية (MEB) لألياف النخيل المعالجة بالصودا بتركيز (1%).

(أ): العينة P0103 (ب): العينة P0107

(ج): العينة P0124 (د): العينة P0148

يمكن تمييز الليفيات بشكل واضح على سطح الألياف المعالجة بتركيز 4 % (الشكل 45) وبالتالي تحدث زيادة في مساحة السطح ، مما يؤدي إلى زيادة الالتصاق في سطح الألياف والمصفوفة في المركبات.

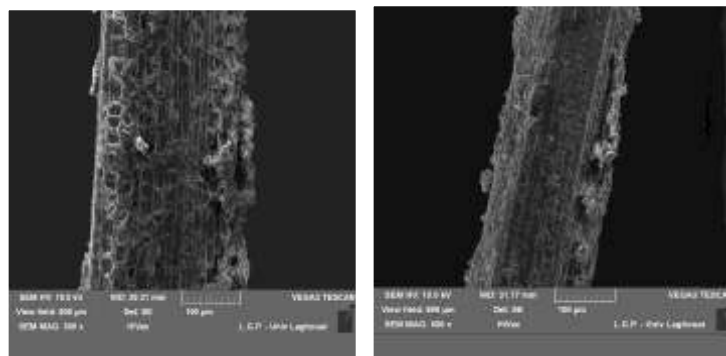


الشكل (45): صورة مجهرية (MEB) لألياف النخيل المعالجة بالصودا بتركيز (4%)

(أ): العينة P0403 (ب): العينة P0407

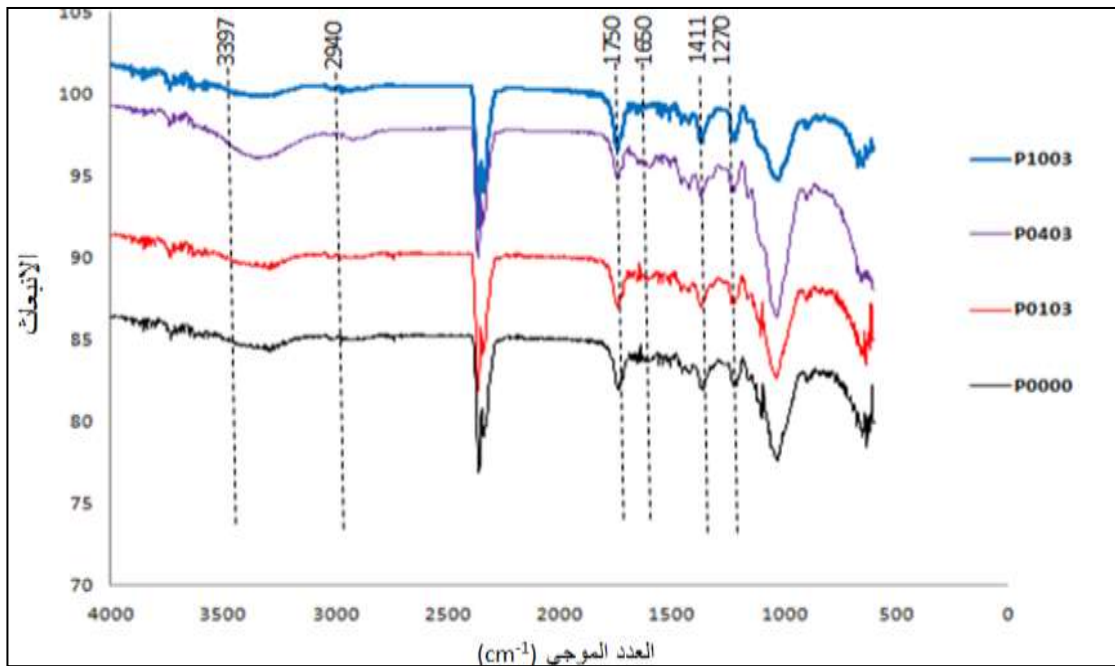
(ج): العينة P0424 (د): العينة P0448

ومع ذلك ، فنلاحظ وجود تشققات على سطح الألياف المعالجة ، بسبب ظاهرة التحلل التي تحدث إذا كان وقت المعالجة طويلا جدًا. هذه الأضرار ، أبرزها في الشكل (46).



IV. 5.1. الاختبار بجهاز طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل :

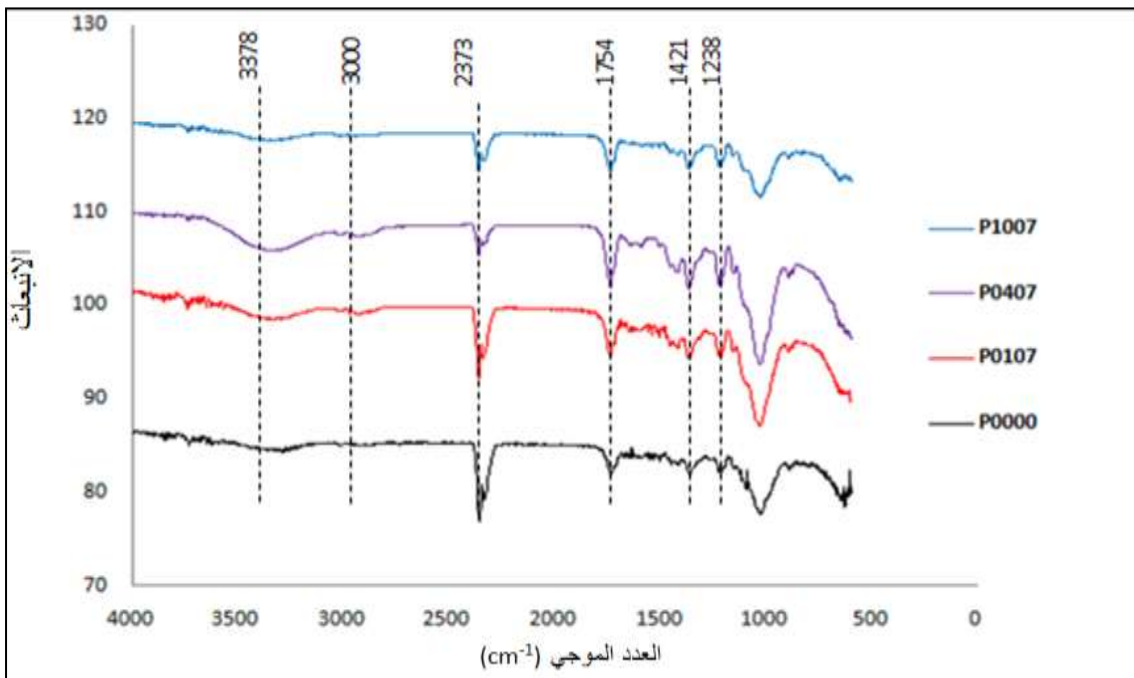
كل مجال امتصاص يظهر في منحنى طيف الامتصاص يتوافق مع وظيفة أو مجموعة كيميائية. وبالتالي ، فإن الشريط الذي يمتد من 3000 سم⁻¹ إلى 3500 سم⁻¹ يعود إلى اهتزاز تشوه مجموعات الهيدروكسيل (OH) المرتبطة . النبض متوسط الشدة عند حوالي 2940 سم⁻¹ يترجم اهتزازات استطالة متناظرة وغير متناظرة من روابط (C-H) للمجموعة (CH₂) لكل من السليلوز واللجنين (الشكل 47).



الشكل (47): طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل غير المعالجة و المعالجة بالصودا بتراكيز (1،4،10%) لمدة 3 سا

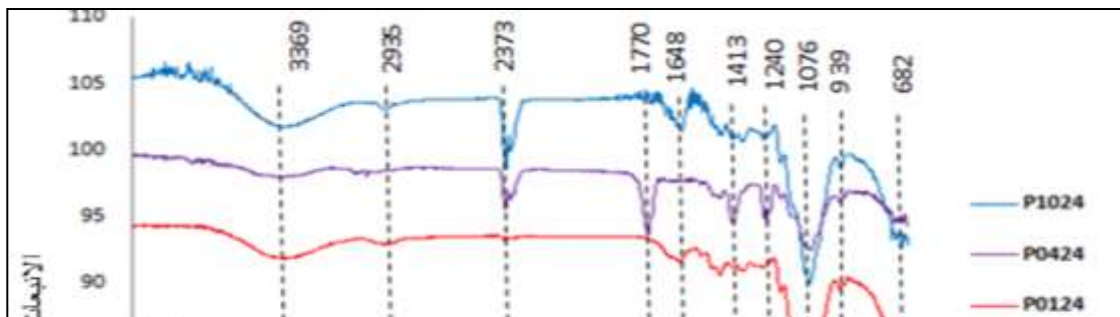
من خلال الشكل (48) والذي يمثل طيف الامتصاص للعينات عند 7 ساعات نلاحظ نبض عند 2373 سم⁻¹ والتي يمكن أن تعزى إلى اهتزازات المجموعات التي تشكل هيكل ثاني أكسيد الكربون (CO₂) في الهواء

في غرفة التحليل، تكشف الأطياف أيضًا عن شريط امتصاص يتركز في 1770 سم⁻¹، المرتبطة مع الاهتزازات لمجموعة من الكربونيل (C=O) للأستيل (xylenes) للهيميسيلولوز أو البكتين الموجودة في الألياف.

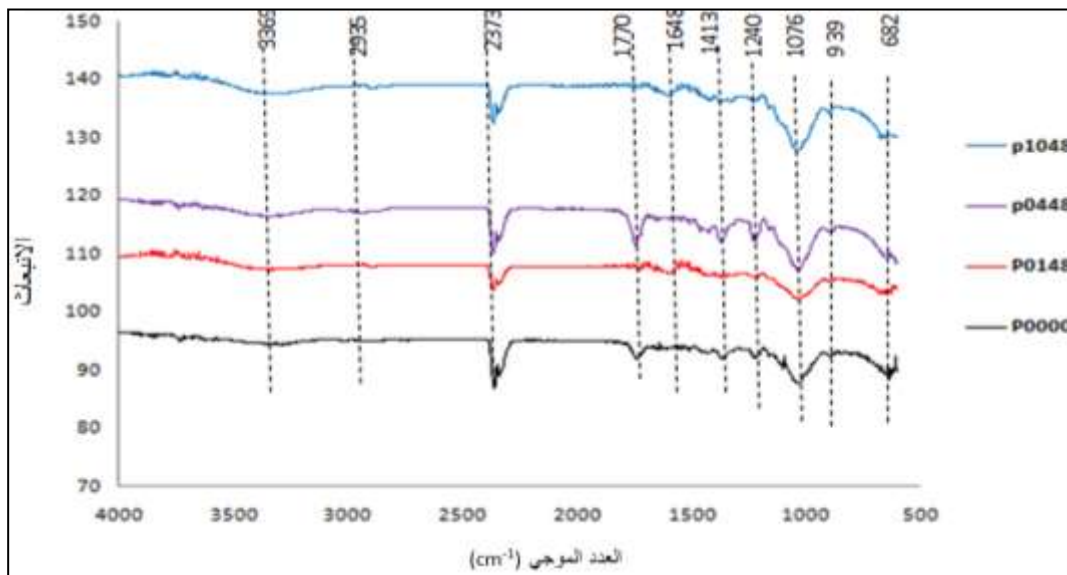


الشكل (48): طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل غير المعالجة و المعالجة بالصودا بتركيز (1،4،10%) لمدة 7 سا

شريط الامتصاص في 1648 cm⁻¹ المخصصة لتشوه (H-O-H) من الماء تمتصه الألياف نظرًا لطابعها المحب للماء. نطاقات الامتصاص تقع عند 1413 سم⁻¹ ترجع أساسًا إلى اهتزازات التشوه لمجموعات (-CH₂ و-CH₃)، الواردة في هياكل اللجنين والهيميسيلولوز. النبض في 1240 سم⁻¹ هو سمة من اهتزازات التشوه في مجموعات الأستيل (xylenes) لكل من اللجنين أو الهيميسيلولوز. أخيرًا، ذروة حوالي 682 سم⁻¹ مرتبطة بتشوه المجموعة (-OH). هذه النتائج تتفق مع تلك التي وجدها زهو ومعاونوه [31] و لي ومعاونيه [32] (الشكل (49)، (50)).

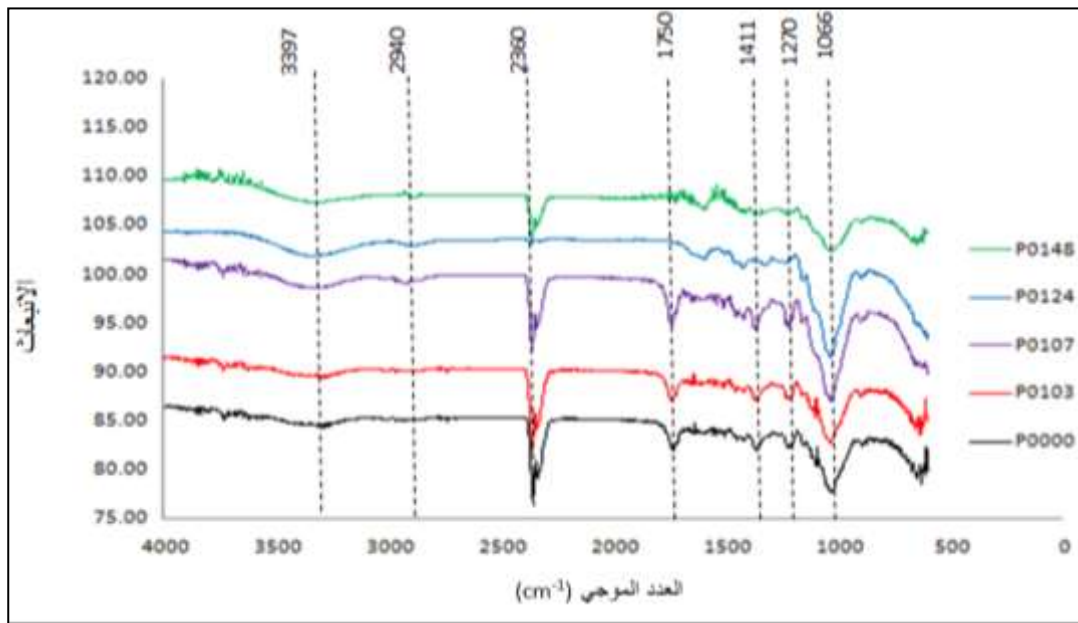


من خلال المنحنيات في الشكل (50) والتي تمثل العينات المعالجة عند زمن 48 سا يتبين أنه مع زيادة التركيز يختفي النبض عند 1770 سم⁻¹ و 1240 سم⁻¹ والذان يمثلان كل من الهيميسليلوز والليجنين على التوالي.



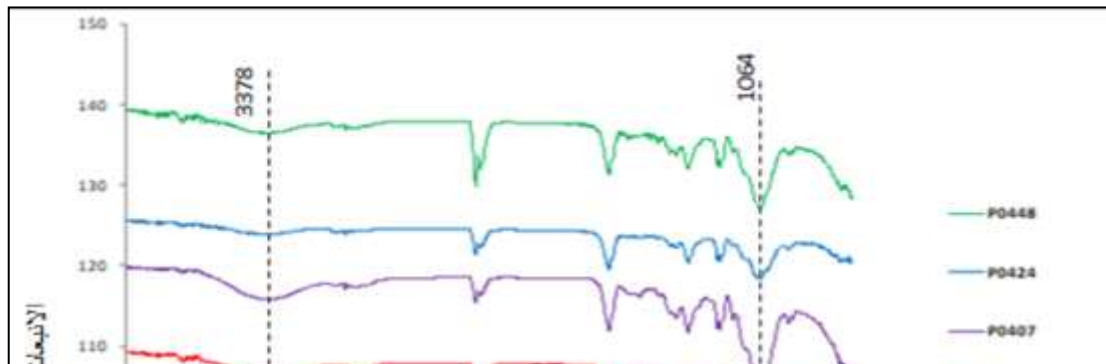
الشكل (50): طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل غير المعالجة و المعالجة بالصودا بتراكيز (1،4،10%) لمدة 48 سا

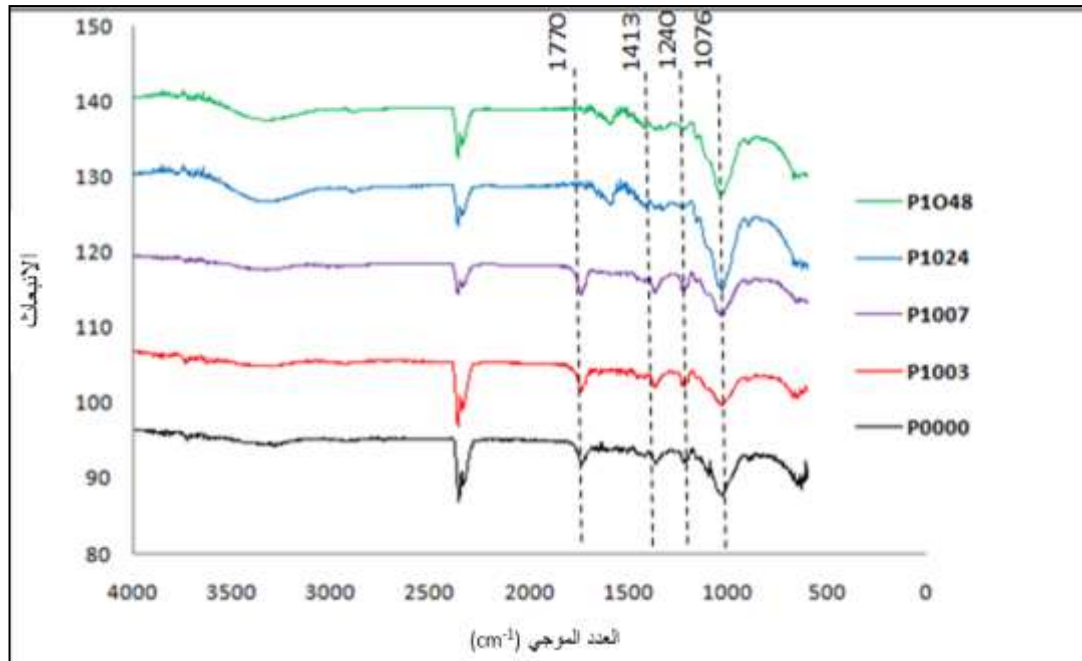
وبالاعتماد على المنحنيات التالية (الشكل 51) تبين أن المعالجة القلوية تحسن من الألياف وذلك باختفاء أو نقصان المواد الرابطة. حيث هناك ذروة عند 3397 سم⁻¹ وتمثل الاهتزاز الممتد لـ (O-H) ونلاحظ زيادة الشدة عند المعالجة مما يشير الى زيادة (O-H) يمكن أن يعزى هذا إلى انشقاق الروابط القلوية الحساسة [33] ، النبض عند 1750 سم⁻¹ يقابل اهتزاز المد لـ (C=O) مما يدل على وجود حمض كربوكسيلي و /أو مجموعات استر والتي يفترض وجودها في الأحماض الدهنية ويدعم هذا الافتراض اختفاء هذه الذروة أو نقصانها عند المعالجة القلوية بسبب إزالة آثار المواد الدهنية من سطح الألياف.



الشكل (51): طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل غير المعالجة و المعالجة بالصودا بتركيز (1%) خلال أزمنة مختلفة (3، 7، 24، 48 سا)

كلما زاد تركيز المعالجة القلوية للألياف تنطوي على عملية إزالة الأيض [35،34] ، كما كان متوقعا من تحليل (IRTF) فإنه حدثت بعض التفاعلات الكيميائية نتيجة للمعالجة القلوية للألياف والتي أدت إلى التحلل الجزئي للهميسيلبوز ؛ إن المعالجة القلوية للألياف لاتهاجم فقط مكونات الألياف بل يحررها بشكل فعال من الشوائب السطحية والمواد الدهنية وبالتالي تقليل محتوى البكتين السطحي والشموع والشوائب ومن المتوقع أن يؤدي حتى مثل هذا التعديل المتواضع إلى تحسين خصائص المواد المركبة (الشكل (52)، (53)).





الشكل (53): طيف الأشعة تحت الحمراء لألياف النخيل غير المعالجة و المعالجة بالصودا بتركيز (10%) خلال أزمنة مختلفة (3، 7، 24، 48 سا)

نلاحظ من خلال المنحنيات السابقة أنه كلما زاد التركيز وزمن المعالجة إنخفاض النبض عند 1750 سم⁻¹ والذي يقابل اهتزاز المد لـ (C=O) وبالتالي تدعم ماذكره الباحثين [37، 36، 7] حيث ينحل الهيميسيليلوز في الوسط القلوي والذي يتميز أساسا بكسر الروابط (C-O-C). أما النبض عند 1270 سم⁻¹ فإنه يمثل الروابط (C-O) مجموعة الأستيل في الليجنين والتي تتخفض شدتها بزيادة المعالجة [37-42] (الشكل 54)



IV. 6.1. اختبار حيود الأشعة السينية (DRX):

تسمح الأشعة السينية (DRX) بدراسة البنية البلورية للألياف النباتية، من المفروض أن نتيجة المعالجة القلوية تحسن من نسبة تبلور السيليلوز في الألياف [36] ومن أجل التأكد من ذلك قمنا باختبار العينات المدروسة وحساب مؤشر التبلور (CrI (%)) بطريقة سيقال بالنسبة لكل العينات المدروسة .

$$rI\% = \frac{(I_{002} - I_{am})}{I_{002}} * 100 \dots\dots\dots (2)$$

I002: يميز المستوى 002 الطور البلوري وغير البلوري .

Iam: يميز الطور غير البلوري.

من خلال المنحنيات المحصل عليها فالطيف الخاص بحيود الأشعة السينية في المجال المدروس (30° - 10°) كل الاطيف تحوي نبضين احدهما ($2\theta = 22.7^\circ$) يمثل الشدة القصوى تنسب الى السيليلوز (الطور البلوري وغير البلوري)، والنبض ($2\theta = 15.2^\circ$) يمثل الشدة الدنيا وتنسب إلى الهيميسيليلوز والليجنين (الطور اللابلوري) [17].

فالمعالجة القلوية إذن تؤدي إلى نقص كمية المادة غير البلورية في الألياف (انحلال الهيميسيليلوز ، الدهون والشموع) هذا النقص يزيد من درجة التبلور.

من خلال المنحني الموضح في الشكل نستطيع حساب مؤشر التبلور الخاص بالألياف غير المعالجة منه وحسب العلاقة (2) فإن مؤشر التبلور الخاص بالعينة (P0000) فيساوي 21.57%. من خلال منحنيات الاشعة السينية لمختلف التراكيز من خلال المنحنيات الخاصة بالأشعة السينية للألياف المعالجة بالصودا بتركيز مختلف (1،4،10%) تحت درجة حرارة ثابتة (25°م) وخلال أزمنة مختلفة (3،7،24،48 ساعة) ومقارنتها بالألياف غير المعالجة وباعتماد طريق سيقال وإنطلاقاً من حساب مؤشر التبلور لكل منها والتي توضح الفرق في مؤشر التبلور والموضح في الجدول (9) كما نلاحظ أنه كلما زاد زمن التبلور زاد مؤشر التبلور حيث أ، أفضل المعالجات كانت للعينات (P0107، P0424) والتي فيها مؤشر التبلور على التوالي (42.31، 40.44%)، يمكن أن يعزى هذا الأمر إلى إزالة الهيميسيلولوز والليجنين غير المتبلور من ألياف النخيل وكذلك إعادة ترتيب المناطق البلورية مما يحسن من درجة تبلور الألياف وهذا يتوافق مع الاعمال المنشورة حول معالجة الألياف النباتية المختلفة والمستعملة في تحسين الخصائص الميكانيكية للمواد المركبة [43].

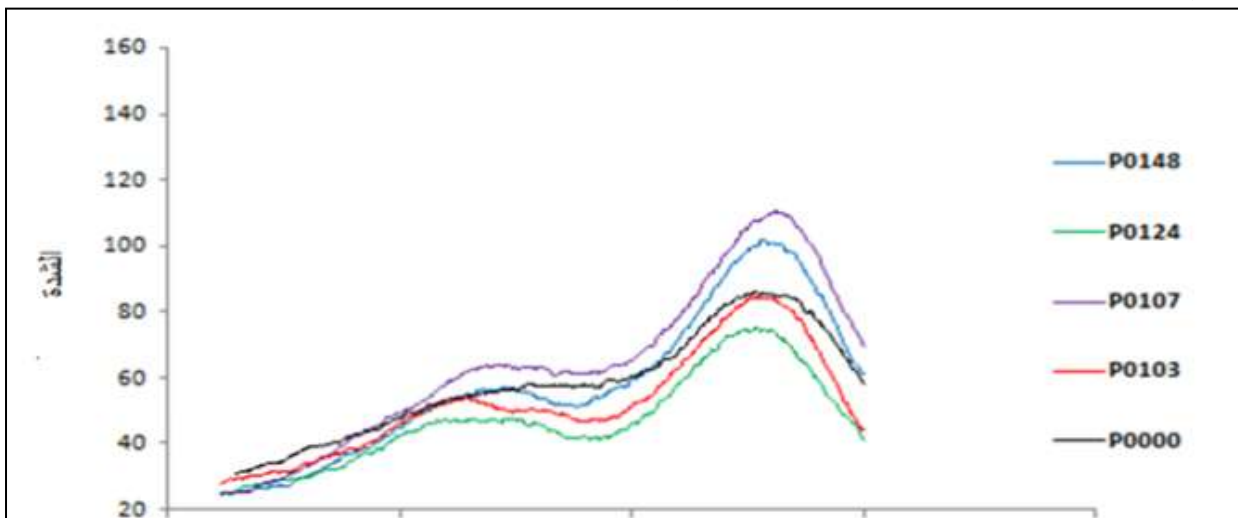
إن شدة النبض تزداد بشكل ملحوظ بعد المعالجة القلوية بالصودا للألياف لتصل لأقصى قيمة للعينة (P0107، P0424) من خلال النتائج المحصل عليها نلاحظ أن مؤشر التبلور للعينة (P0107) تزداد بقيمة 18.87% (الجدول 9) و تزداد بقيمة 20.74% للعينة (P0424) (الجدول 9) مقارنة بالعينة الغير معالجة. وهذا يؤكد فرضية بأن هناك إزالة تدريجية للمواد غير السيليلوزية (الجزء غير المتبلور) من ألياف النخيل. إن هاته المعالجة هي عامل رئيسي تساهم في تعزيز قوة ألياف النخيل المستعملة كتنقية للمركب المدروس [44، 45].

الجدول (9): مؤشر التبلور لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا بتركيز (1،4،10%) خلال مختلفة (3،7،24،48 سا)

العينة المعالجة بالصودا بتركيز 1%	I _{am}	I ₀₀₂	Cr I (%)
P0000	80	102	21.57
P0103	75	104	27.88
P0107	81	136	40.44
P0124	64	91	29.67
P0148	83	124	33.06
العينة المعالجة بالصودا بتركيز 4%	I _{am}	I ₀₀₂	Cr I (%)
P0000	80	102	21.57
P0403	70	89	21.35

39.47	152	92	P0407
42.31	156	90	P0424
38.79	165	101	P0448
(%) Cr I	I_{002}	I_{am}	العينة المعالجة بالصودا بتركيز 10%
21.57	102	80	P1000
40.67	150	89	P1003
42.07	145	84	P1007
40.44	136	81	P1024
39.38	160	97	P1048

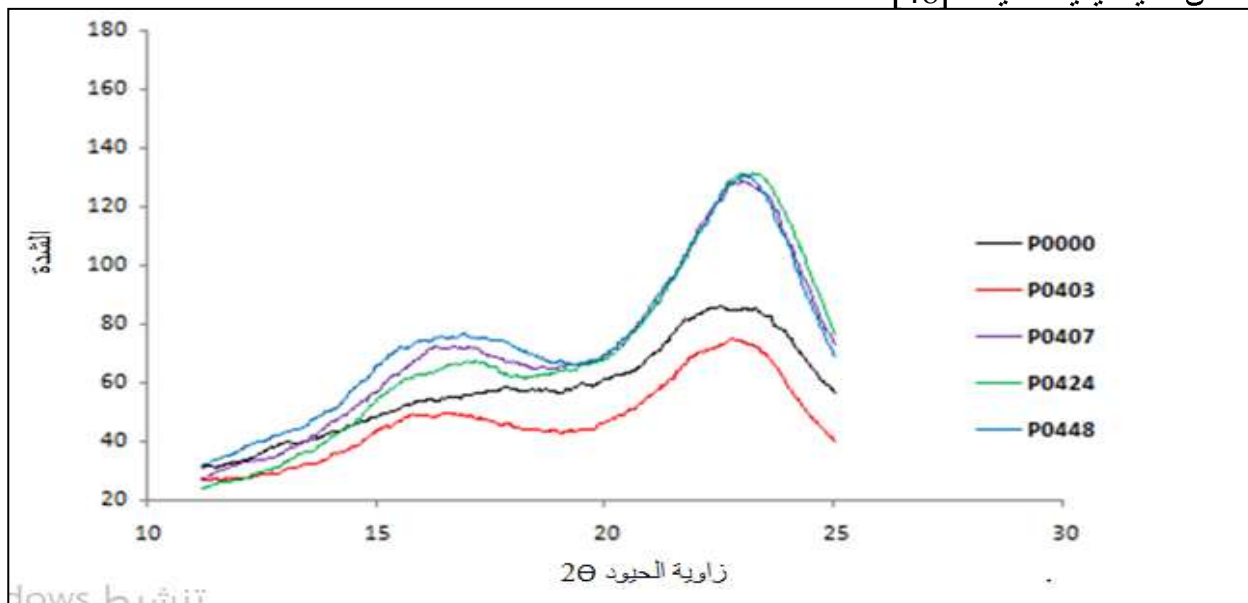
في البداية يمكن أن يعزى هذا الأمر إلى إزالة الهيميسيلولوز غير المتبلور من النخيل وإعادة ترتيب المناطق البلورية مما يجعل الألياف ذات طبيعة بلورية أكثر. وبمعالجة الألياف بالصودا بتركيز عالي و خلال زمن طويل فإنه قد يؤدي إلى إتلاف للمناطق البلورية للألياف، مما يؤدي إلى انخفاض في مؤشر التبلور كما هو مبين في الشكل ((55)، (56))، بعض الباحثين أرجعو سبب انخفاض مؤشر التبلور إلى تحول السيليلوز (I) بفعل تراكيز كبيرة للصودا إلى سيليلوز (II) [46]



الشكل (55): طيف حيود الأشعة السينية لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا

بتركيز (1%) خلال أزمنة مختلفة (3، 7، 24، 48 سا)

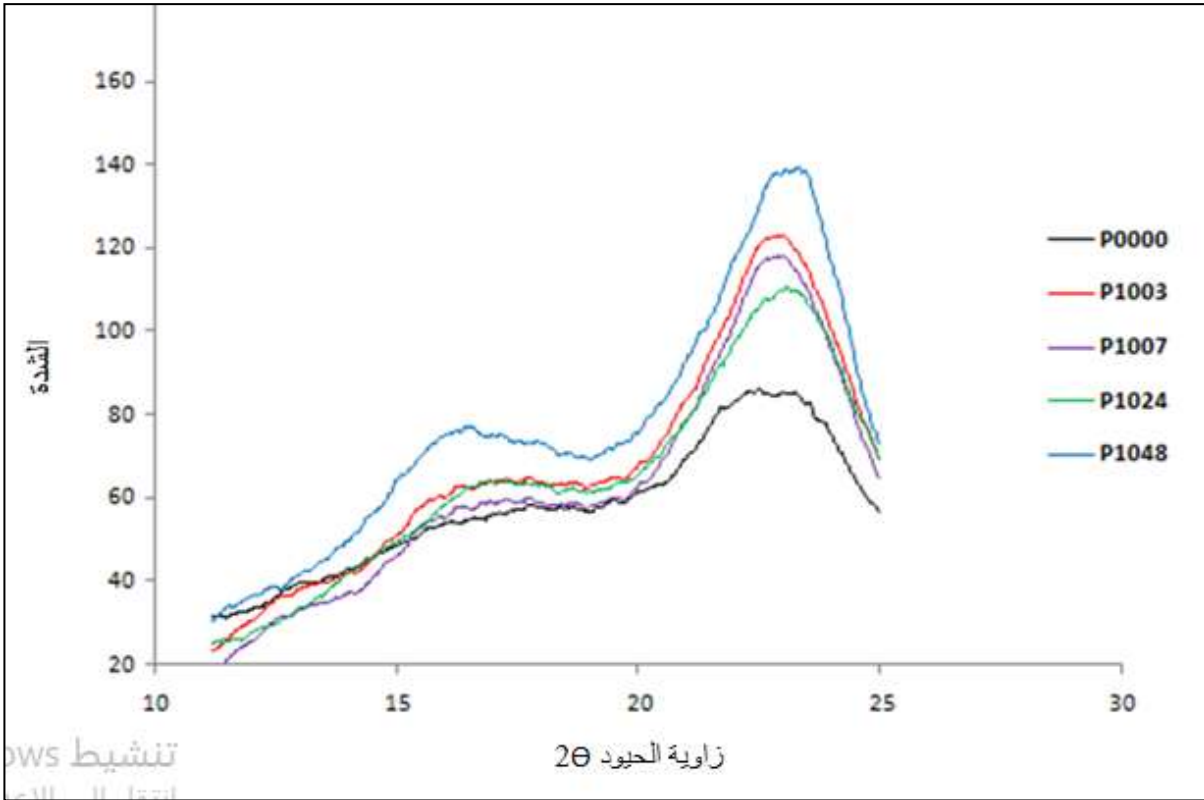
وفقا لكل من بوريسياك [47] و أوجايا [44] ، فإنه عند المعالجة القلوية بالصودا بتركيز عال فإن السيليلوز (I) يتحول إلى السيليلوز (II) بصفة عكوسة وهذا ما يرتبط بانخفاض ملحوظ في نسبة التبلور وبالتالي في الخصائص الميكانيكية للألياف [48]



الشكل (56): طيف حيود الأشعة السينية لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا

بتركيز (4%) خلال أزمنة مختلفة (3، 7، 24، 48 سا)

من خلال الشكل (57) نلاحظ أنه رغم زيادة زمن وتركيز المعالجة بالصودا فإن مؤشر التبلور لا ينخفض بشكل كبير وذلك يعود إلى التخلص من الأجزاء البلورية ، نفس النتيجة توصل إليها سيدان ورفقاؤه [7] في دراسة على ألياف القنب حيث لاحظوا ارتفاعا في مؤشر التبلور لهاته الألياف المعالجة بمحلول من الصودا، والذي يفسر بالذوبان الجزئي للأجزاء اللابلورية من الألياف (السيليلوز اللابلوري ، الهيميسيليلوز والدمع والشموع)



الشكل (57): طيف حيود الأشعة السينية لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا خلال أزمنة مختلفة (3، 7، 24، 48 سا)

هناك عدة فرضيات تسمح بتفسير تأثير الصودا المعالج على الألياف [49]:

- المعالجة القلوية تميء الأجزاء اللابلورية للسيليلوز الموجود في الألياف، وترفع كذلك من كمية السيليلوز المتبلور
- المعالجة القلوية تعمل على تفكك بلمرة السيليلوز، السيليلوز الناتج يتشكل عند ذلك من سلاسل قصيرة، هذه الأخيرة تكون أكثر حركية وتعيد تنظيمها بسهولة كبيرة .

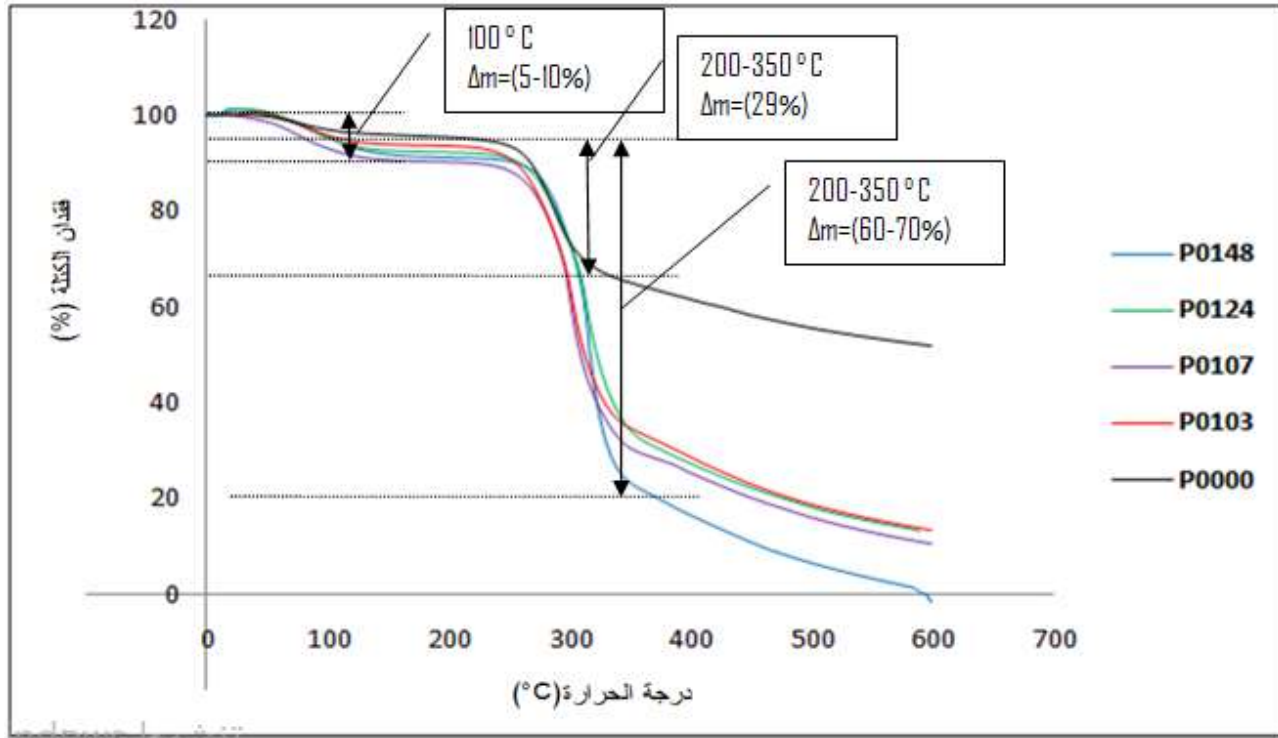
IV. 7.1. اختبار التحليل الوزني الحراري (ATG):

أجريت تحاليل التحليل الوزني الحراري بهدف دراسة التغيرات الحاصلة للألياف المعالجة بالصودا ومقارنتها بالألياف غير المعالجة (فقدان الكتلة) وذلك بتعريض المكونات الكيميائية للألياف لدرجة حرارة عالية، النتائج المحصل عليها خلال في الشكل ((58)، (59)، (60)) تمثل المكونات المتحللة وفق درجات

الحرارة نلاحظ من خلال المنحنيات انخفاض في المستوى بين 105°C و 131°C وهذا في جميع العينات يمثل تبخر جزيئات الماء [50،7].

وقد لوحظ وجود ذروة ثانية للألياف النباتية عند 200°C إلى 300°C وهي ترتبط بالتحلل الحراري للبكتين و الهيميسيلوز للألياف النباتية [51،7].

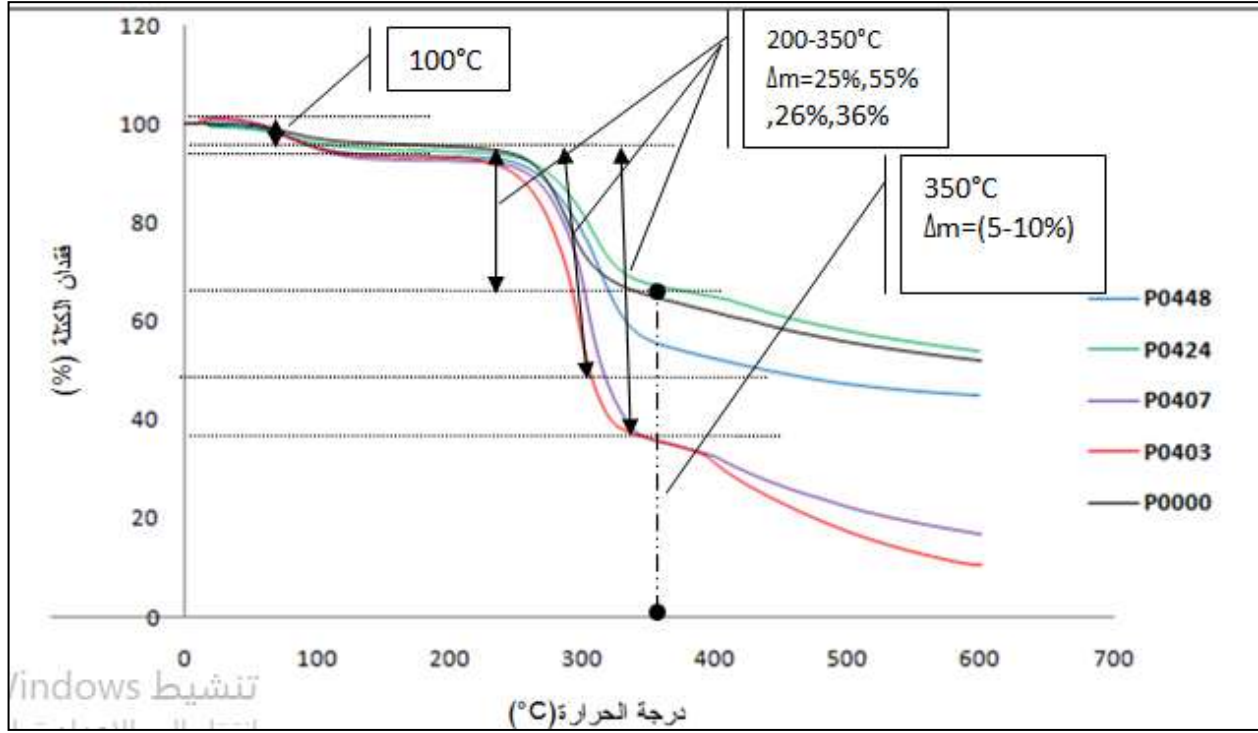
فقدان الكتلة للينة (P0000) خلال درجة 100°C بنسبة 5 % تقريبا يعود إلى تبخر جزيئة الماء وبنسبة 5-10% بالنسبة للعينات (P0148،P0124،P0107، P0103)، ثم ذروة ثانية لفقدان الكتلة في حدود من 200°C إلى 350°C بالنسبة للينة (P0000) بمقدار 29 % اما بالنسبة للعينات (P0124، P0107، P0103) فيصل إلى 60 % أما بالنسبة للينة (P0148) فيصل إلى 70 % والتي تمثل كل من البكتين و الهيميسيلوز (الشكل 58). الذروة عند أكبر من درجة حرارة 350°C يمثل غالبا تحلل السيليلوز [53،52].



الشكل (58): التحليل الوزني الحراري لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا بتركيز (1 %) أزمنة مختلفة (3،7،24،48 سا)

من خلال المنحني (الشكل 59) نلاحظ انخفاض عند درجة 100°C والتي تمثل تبخر جزيئات الماء، في المستوى الثاني انخفاض عند درجة من 250°C إلى 350°C بالنسبة لكل من العينات (P0407،P0403) بنسبة 55% والتي تمثل تحلل الهيميسيليلوز والليجينين أما بالنسبة للعينات (P0448،P0424) فيكون التحلل أقل 26% و 36% على التوالي ويتطلب درجة حرارة أعلى بينما في العينة غير المعالجة 25% مما يؤكد النتائج

السابقة حيث أن يدل على أنه كلما زاد زمن المعالجة نقصت نسبة الهيميسيليلوز واللجنين ثم هناك ذروة ثالثة عند أكثر من 350°م والتي تمثل السيليلوز حيث يكون أقل في زمن 3 ساعات وأكثر في زمن 48 ساعة بسبب المعالجة القلوية أين نسبته في الألياف غير المعالجة تكون 5 % وتصل إلى 15 % في العينة (P0448).

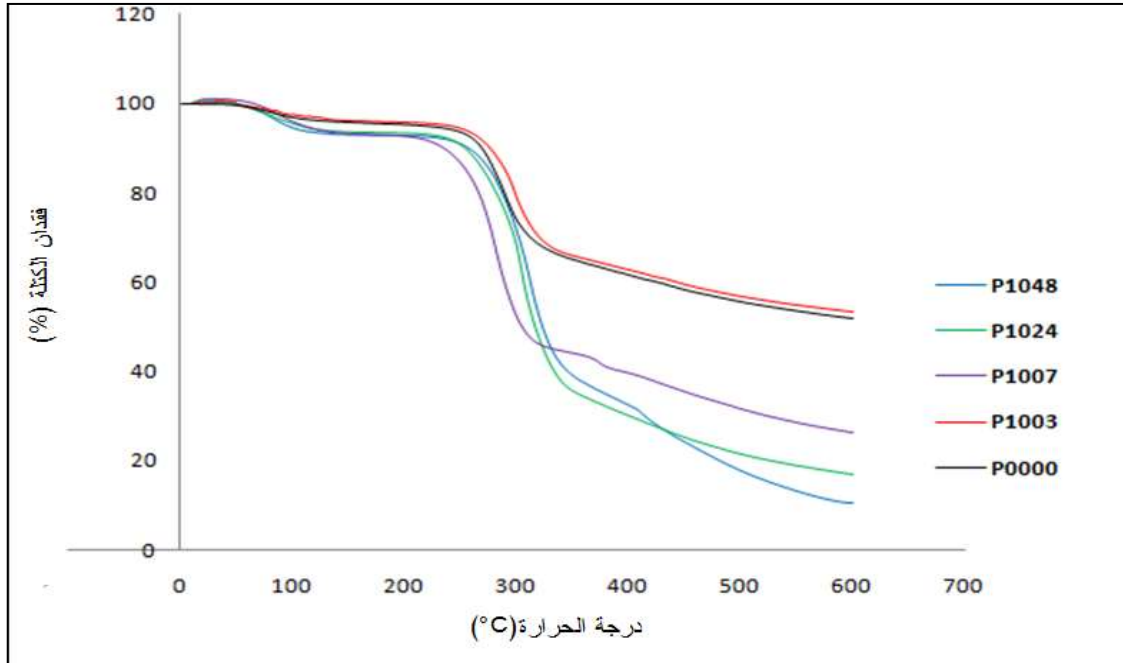


الشكل (59): التحليل الوزني الحراري لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا بتركيز (4%) أزمنة مختلفة (3، 7، 24، 48 سا)

تتفق العديد من الدراسات السابقة على أن السيليلوز سوف يتحلل بين 300°م و 420°م [52، 54، 55] بينما تتحلل البكتين والهيميسيليلوز في 320°م [52، 54، 56]. فيما يتعلق باللجنين ، لا يزال هناك خلاف بشأن درجة حرارة التحلل الذي يمكن تفسيره من خلال تعقيد تركيبها الكيميائي. بالنسبة للبعض يتحلل اللجنين عند حوالي 200°م [56] وما فوق 400°م [57-59] ، الجميع يظهرون أن اللجنين يتحلل على نطاق واسع من درجات الحرارة والتي تتراوح من 160°م إلى 900°م. في حالتنا ، من الصعب التمييز بين المراحل المختلفة للألياف غير المعالجة

الألياف المعالجة بالصودا تبدأ في التحلل عند درجة حرارة أقل من الألياف غير معالجة (الشكل 60) وتفقد نسبة أكبر من الكتلة عند أكثر من 250°م حيث أن معدل التحلل قوي جدا بالمقارنة مع الألياف غير المعالجة حوالي 64 % فقدان الكتلة بين 250°م و 400°م و نحو 34 % مقارنة بالغير معالجة ، هنا يظهر التحلل

سريع . التحلل من 300°م يمكن أن تتوافق مع السليلوز في حين أن فقدان الكتلة قبلها يمكن أن يكون راجعا إلى بقايا هيميسيلوز وانهيار روابط الجليكوسيد في السليلوز. ومع ذلك ، وفقا لماملبيف وآخرون [60] وكذلك شيريز وآخرون [61] فإن كسر الروابط لا يؤدي إلى فقدان الكتلة ، بل سيكون بسبب ظاهرة الجفاف للسليلوز. التحلل عند 400°م يمكن أن تتوافق مع اللجنين الذي لم يتم إزالته تماما عن طريق العلاج بالصودا.



الشكل (60): التحليل الوزني الحراري لألياف النخيل غير المعالجة والمعالجة بالصودا خلال أزمنة مختلفة (3،7،24،48 سا)

IV. 2. خصائص الطين الأحمر:

IV. 1.2. الخصائص الفيزيائية والكيميائية للطين الأحمر:

بين الجدول (10) قيم مختلف الخصائص المتعلقة بالطين الأحمر، نلاحظ أن قيمة (pH) هي 9.08 مما يكشف على قاعدية العينة [62] والتي من شأنها أن تكون بسبب الأملاح القابلة للذوبان أو بسبب الكربونات القلوية ، البيكربونات أو السيليكات والتي تدخل عادة في مكونات الطين. قيمة الرطوبة 2.4 % هذه القيمة المتدنية تترجم الطبيعة غير الرطبة للعينة وتؤكد قيمة المسامية المنخفضة والتي تساوي 0.876% والتي تدل على أن العينة قليلة المسام ، أما بالنسبة للخاصية الغروية فهي منخفضة 3% وتفسر التأين الضعيف للجزيئات المكونة للطين الأحمر [63]، معامل التضخم بلغ 51.44% ووفقا للتصنيف المقترح من طرف هولتز وآخرون [64] يعتبر هذا الطين متوسط التضخم ، فقدان الكتلة عند الحرق (1000°م) والتي تساوي 18.1% هي مرتفعة بسبب وجود الكربونات ومعادن السيليكات.

الجدول (10): الخصائص الفيزيائية والكيميائية للطين الأحمر

الخاصية	درجة الحموضة (pH)	الرطوبة (H)	الخاصية الغروية (Co)	المسامية (Por)	معامل التضخم (Ig)	فقدان الكتلة (PAF)
القيمة	9.08	2.4 %	3 %	0.876 %	51.44 %	18.1 %

IV . 2.2 . المكونات الكيميائية لعينة الطين الأحمر: من خلال الجدول (11) لعينة الطين الأحمر هي السيليكا والالمنيوم، نسبة السيليكا والالمنيوم جد مرتفعة (45.28 %، 10.53 %) والتي تترجم تواجد الكاولينيت ($Al_2Si_2O_5(OH)_4$)، إضافة إلى ذلك تواجد الكالسيوم بنسبة (12.1 %) يدل على أن العينة غنية بالكالسيت ($CaCO_3$) نسبة ألومين/ سيليس تعطي فكرة حول نفاذية الماء والرطوبة، كلما كانت النسبة مهمة فان قيمة النفاذية تكون كبيرة [65] في هذه الحالة النسبة ($Al_2O_3/SiO_2=0.23$) وهي صغيرة وتتفق مع نسبة الرطوبة والمسامية المنخفضتين (2.4 %، 0.876 %) [33]، أما بالنسبة لقيمة الكسر ($SiO_2/Al_2O_3= 4.3$) (الحد الأقصى لاستبدال Si^{4+} ب Al^{3+}) أكبر من القيمة القياسية للبتونيت والتي تساوي 2.7 هذا الفارق يدل على وجود الكوارتز الحر في الطين الأحمر وبنسبة كبيرة [34]، التركيب العام للأكاسيد الأخرى ($Fe_2O_3, MgO, K_2O, Na_2O$) والتي تمثل نسبة غنية تصل إلى (13.03 %) تدل على أن الطين الأحمر ليس نقي [35].

الجدول (11): المكونات الكيميائية للطين الأحمر

المكونات (%)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	K_2O	Na_2O
	45.28	10.53	4.54	12.1	5.45	0.37	2.97	0.07

IV . 3.2 . الخصائص الجيوتقنية للطين الأحمر:

IV . 1.3.2 اختبار قياس التدرج الحبيبي:

يتم إجراء اختبار قياس التدرج الحبيبي على عينة الطين الأحمر طبقًا للمعيار الفرنسي (NF P18-560) [66]. الشكل (61) يوضح أن الطين الأحمر يتكون من حوالي (4 %) الطمي و (76 %) من الرمل. ومنه نستنتج أن نوع الطين لدينا هو رملي غروي.



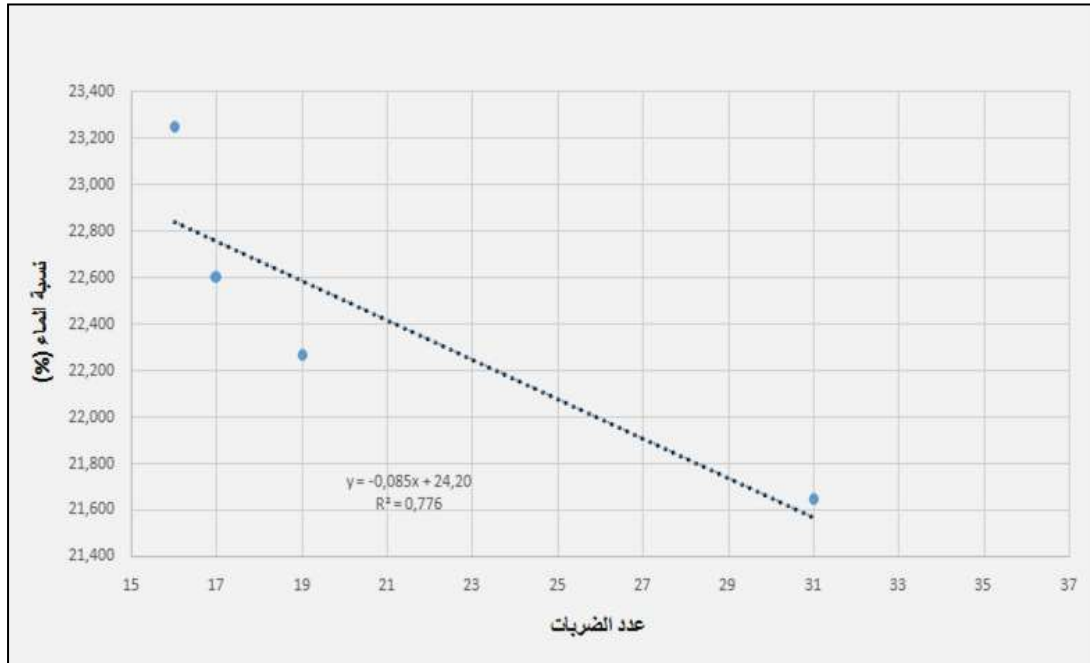
الشكل (61): التدرج الحبيبي للطين الأحمر.

IV . 2.3.2. حدود أتربارغ :

من خلال تجربة حدود أتربارغ بلغت قيمة اللدونة ($W_p=15.03$) ، من الشكل (62) تبلغ قيمة السيولة ($W_L=22.08$) ومنه فإن مؤشر اللدونة يساوي ($I_p=7.05$) ، حسب تصنيف أتربارغ المدون في الجدول (12) ، يمكن الاستنتاج أن الطين لدينا من معتدل اللدونة وضعيف الطين [67].

الشكل (62): تصنيف الطين حسب أتربارغ (atterberg) [67].

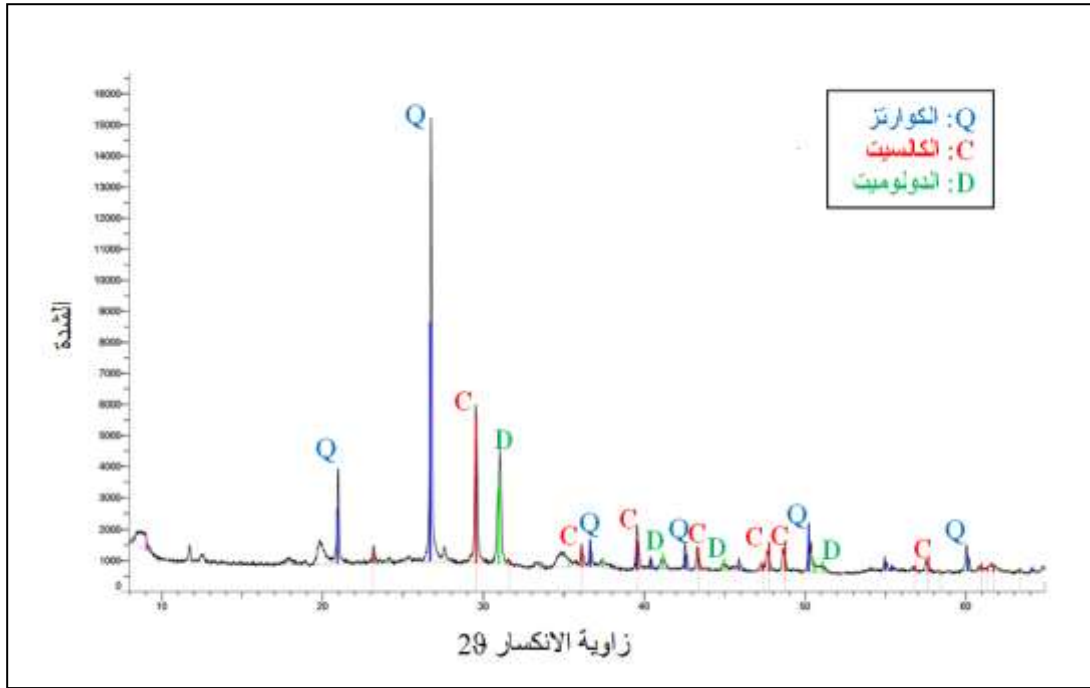
معامل اللدونة IP (%)	$7 >$	من 7 إلى 17	$17 <$
اللدونة	ضعيف	متوسط	عالي



الشكل (62): حدود أتربارغ للطين الأحمر

IV . 3.2. حدود الاشعة السينية للطين الاحمر:

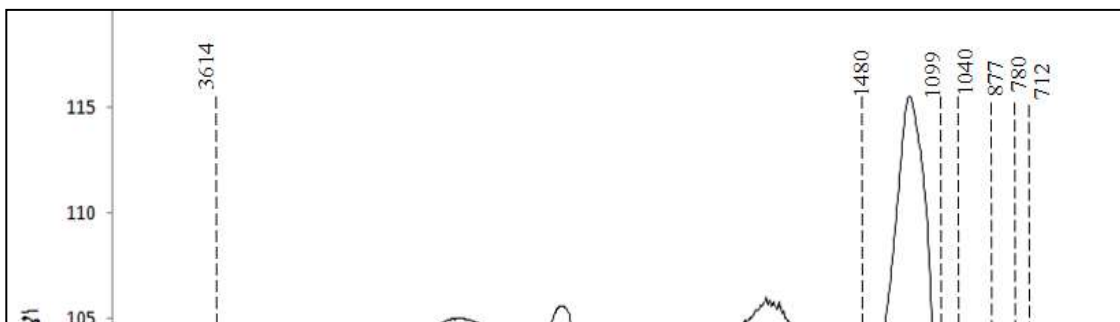
التحليل الطيفي لعينة الطين الأحمر بواسطة جهاز حيود الأشعة السينية المبين في الشكل (63) يبين أن المكونات الرئيسية للطين الأحمر هي الكوارتز (SiO_2) والكالسيت (CaCO_3) والدولوميت ويكشف بشكل رئيسي عن وجود قمتين شديديتين تمثلان كل من الكوارتز والكالسيت مما يعني أن الطين غير متجانس يعتبر الكوارتز والكالسيت مكونين رئيسيين في العينة بنسبة (45.28 % و 25.46 %) على التوالي مما يؤكد النتائج السابقة التي تظهر النسب العالية لكل منهما.



الشكل (63): حيود الأشعة السينية للطين الأحمر

IV. 4.2. طيف الأشعة تحت الحمراء للطين الأحمر:

طيف الامتصاص للأشعة تحت الحمراء لعينة الطين الأحمر (الشكل 64) يبين وجود روابط تميز الطين من بين نطاقات الامتصاص المهمة النبض (3614 سم⁻¹) والذي يتطابق مع اهتزازات الاستطالة لمجموعة (OH) للماء، النبض (1480 سم⁻¹) يتوافق مع (CH_3) [69، 68]، النبضين (1040 سم⁻¹، 1099 سم⁻¹) تتوافق مع اهتزازات التكافؤ للرابطة (Si-O) [70] كما يقابل النبض (780 سم⁻¹) اهتزاز التشوه لـ (O-Si-O) [22]، (877 سم⁻¹، 712 سم⁻¹) تمثل الرابطة (C-O) للكالسيت (CaCO_3) [65]. وتتطابق شدة الامتصاص (798 سم⁻¹) مع اهتزازات التشوه لـ (Si-O-Al) [71].

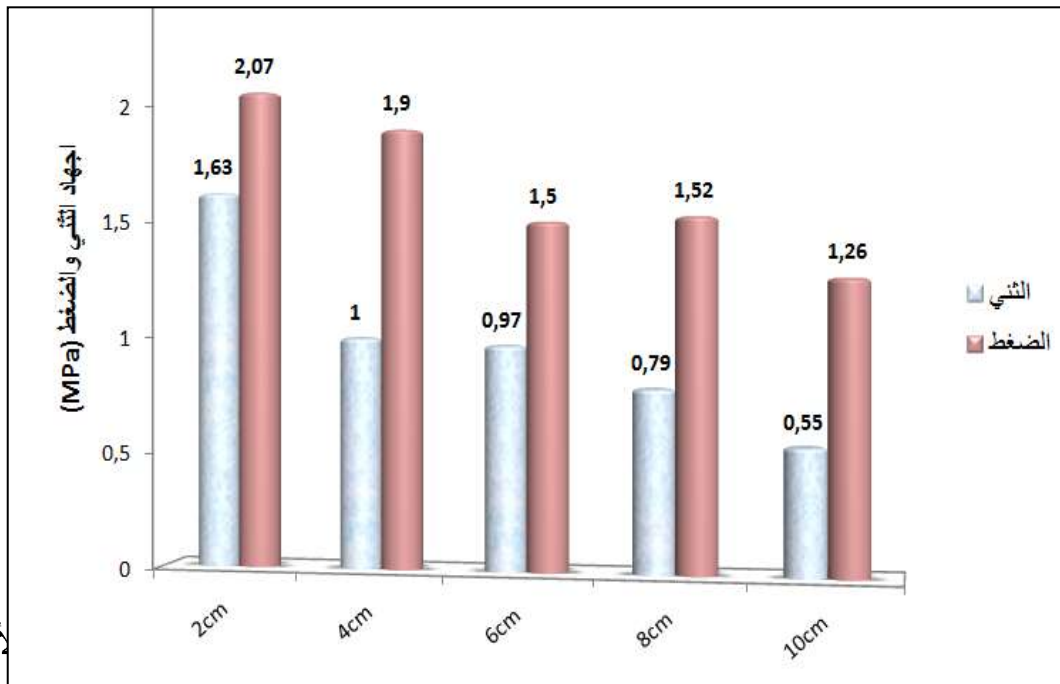


الشكل (64): طيف الأشعة تحت الحمراء للطين الأحمر

IV. 3.1. الاختبارات الميكانيكية.

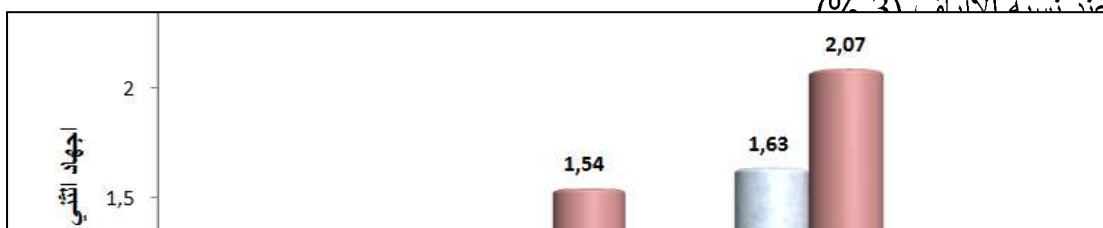
IV. 3.1. تأثير طول ألياف النخيل على الخواص الميكانيكية

وفقا للشكل (65) تبين بوضوح أن طول ألياف النخيل كان له تأثير على الخواص الميكانيكية للمركب ، وأعلى قيمة لإجهاد الشني والضغط هي على التوالي (1.63 ميغاباسكال و 2.07 ميغاباسكال) على التوالي للمركب المقوى بالألياف التي طولها (2سم).



IV. 3.2. تأثير نسبة الألياف على الخواص الميكانيكية للمركب

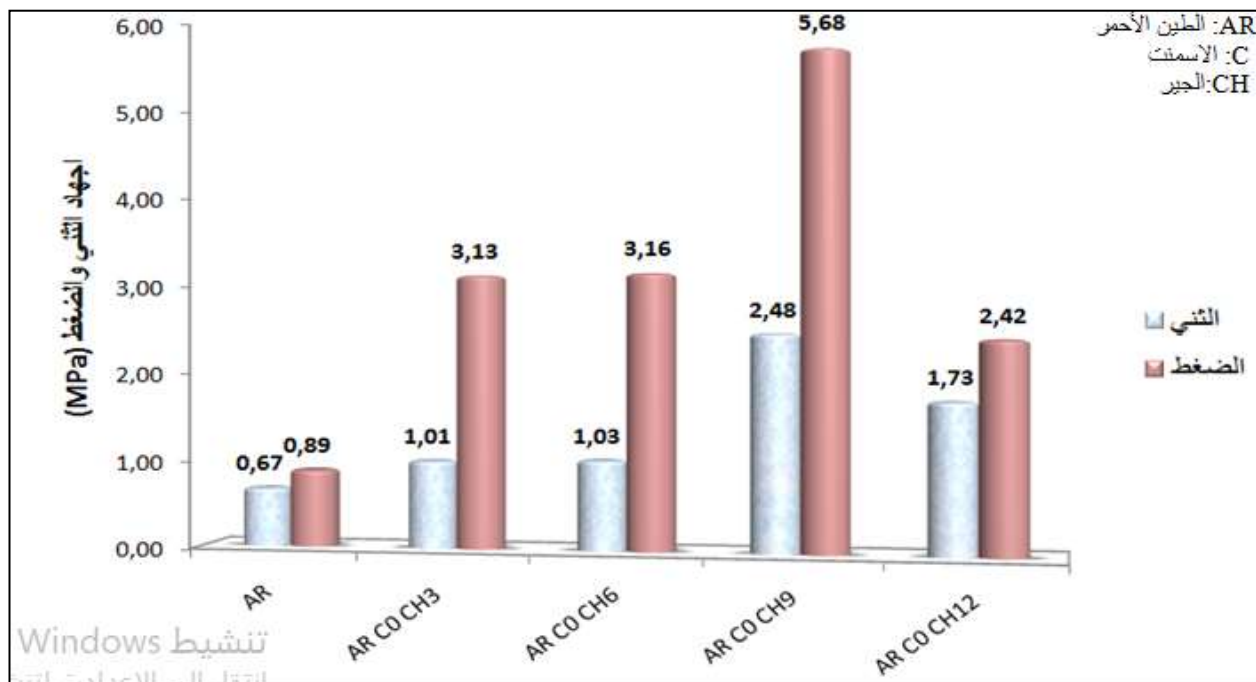
زادت قيمة كل من إجهاد الشني والضغط والتي بلغت أقصاها (1.63 ميغاباسكال و 2.07 ميغاباسكال) على التوالي عند نسبة الألياف (30%) (الشكل (65): تأثير طول الألياف النخيل على إجهاد الشني).



ال شكل (66): تأثير نسبة ألياف النخيل على اختباري الثني والضغط للمركبات المدروسة

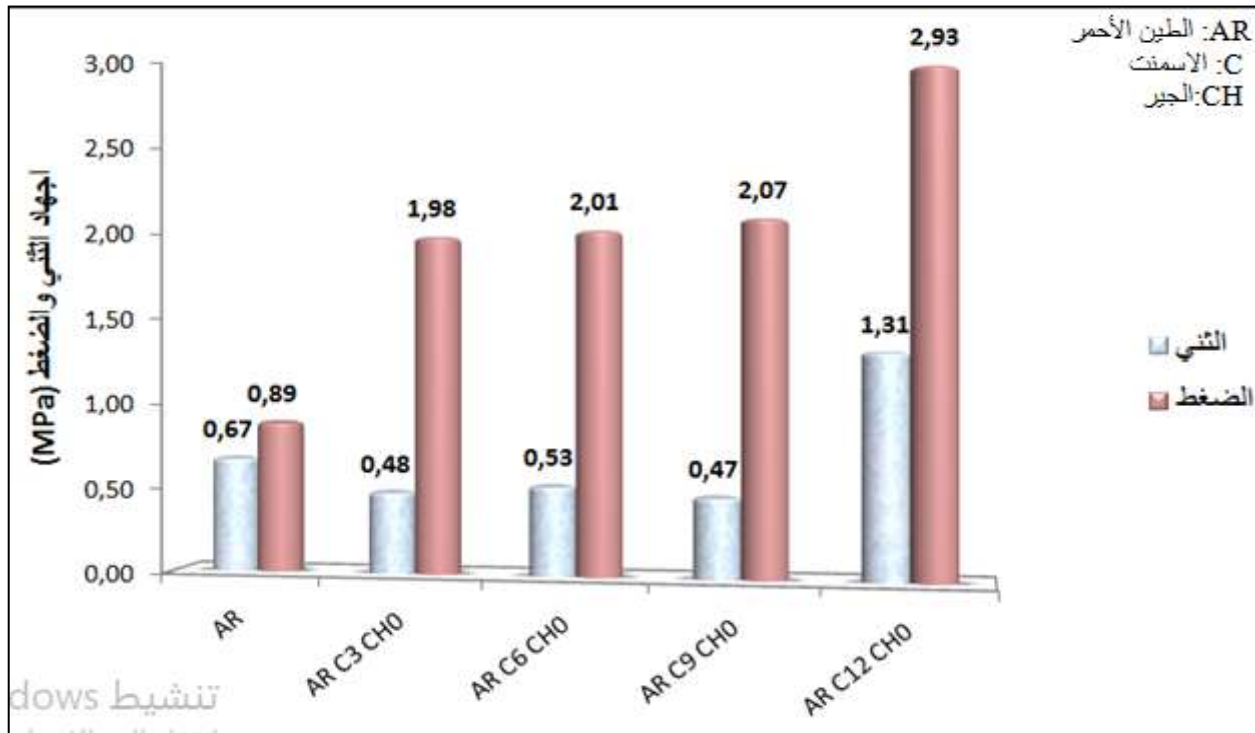
IV . 3.3. تأثير إضافة الجير والأسمنت على الخواص الميكانيكية

يتم تمثيل تأثير إضافة الجير على قوة إجهاد الثني وخواص مقاومة الضغط لمركبات الطين الأحمر من خلال الشكل (67). يتبين بوضوح أن إضافة الجير بنسبة (3 ، 6 ، 9 ، 12%) إلى الطين له تأثير إيجابي على الخواص الميكانيكية للمركب ، وأعلى قيمة لاجهاد الثني والضغط (2.48 ميغاباسكال و 5.68 ميغاباسكال) على التوالي للمركب (ARC0CH9)، إدريس ورفقاؤه أثبتوا أن إضافة الجير للطين بنسب مختلفة (2،4،6،8%) تحسن من الخصائص الميكانيكية للمركبات [72].



الشكل (67): تأثير إضافة الجير على اختباري الثني والضغط للمركبات المدروسة

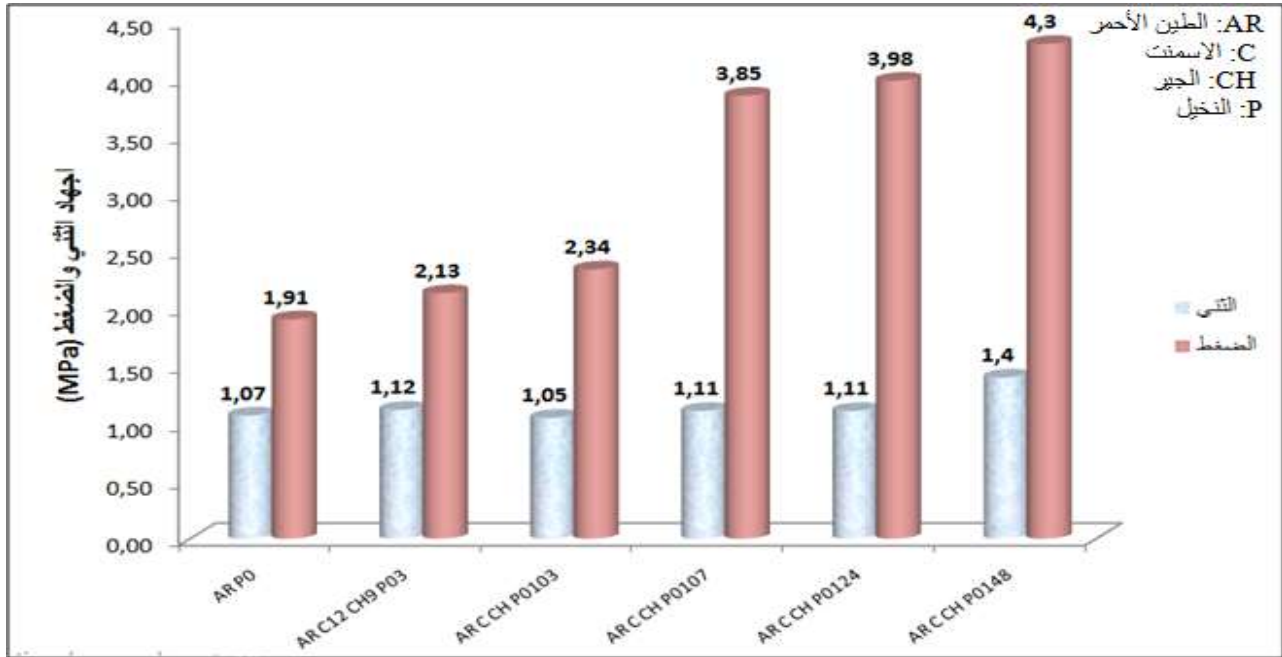
كذلك إضافة الإسمنت للطين الأحمر تحسن من الخصائص الميكانيكية للألياف كما هو موضح في الشكل (68) ، القيمة القصوى لقوة إجهاد الثني ومقاومة الضغط تصل إلى (1.31 ميغاباسكال و 2.93 ميغاباسكال) على التوالي للمركب (ARC12CH0) ، بوفو ورفقاؤه [73] درسوا تأثير نسبة الاسمنت المضافة للطين على الخصائص الحرارية الميكانيكية للمركبات واستنتجوا أن إضافة الاسمنت بنسب ضعيفة (من 0 إلى 2%) تؤدي الى نقصان في الخصائص الميكانيكية للمركبات واعتبارا من (5%) لاحظوا زيادة في هاته الخصائص.



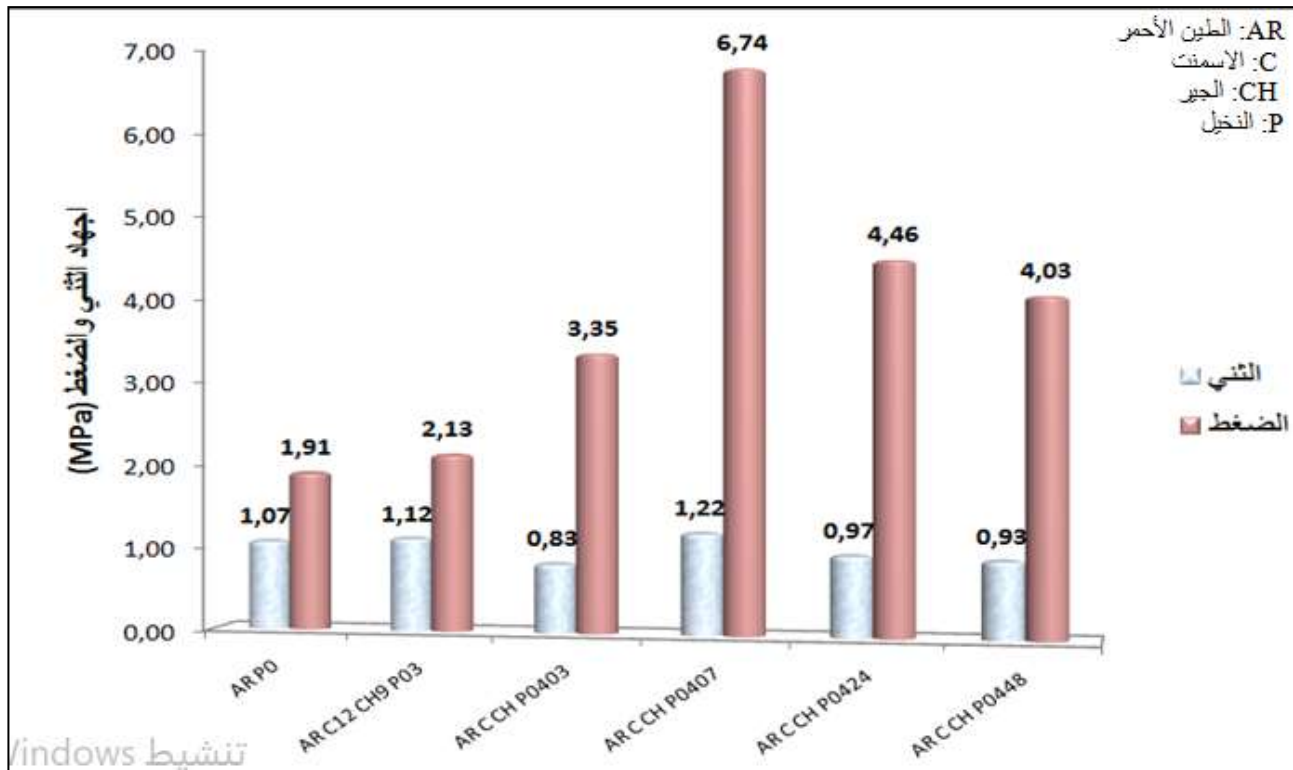
الشكل (68): تأثير إضافة الأسمنت على اختباري الثني والضغط للمركبات المدروسة

IV . 4.3 . تأثير زمن المعالجة على الخواص الميكانيكية

قوة إجهاد الثني والضغط للمركبات غير المعالجة والمعالجة بالصودا تظهر بوضوح أن معالجة الألياف لها تأثير إيجابي في تحسين هاته الخصائص للمركبات ،حيث من خلال الشكل (69) نلاحظ أنه كلما زاد زمن المعالجة للألياف بتركيز (1%) زادت قيمة إجهاد الثني و الضغط حيث بلغت أقصاها (1.4 ميغاباسكال و 4.3 ميغاباسكال) على التوالي عند 48 ساعة للمركب (ARCCHP0148)

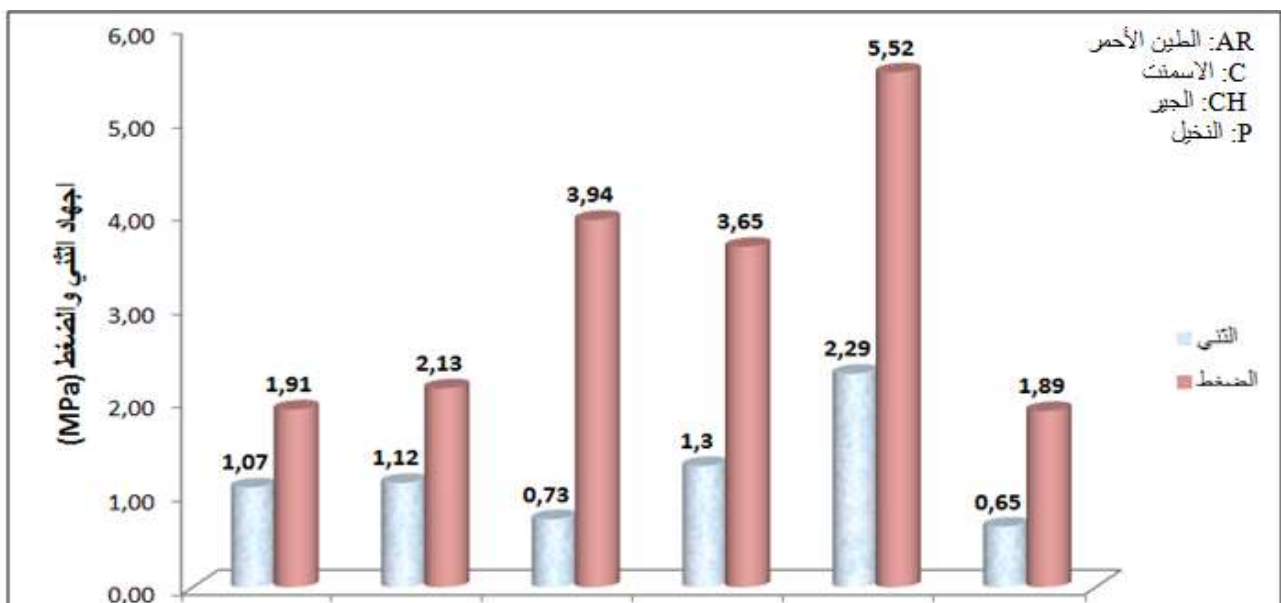


الشكل (69): تأثير زمن معالجة الألياف بمحلول (1%) من الصودا بتركيز (1%) على الخصائص الميكانيكية للمركبات المدروسة. حيث كانت قوة إجهاد الثني والضغط هي على التوالي (1.22) أعلى قيمة عند المركب (ARCCHP47)؛ هذه الزيادة التي لوحظت في قوة الانثناء والضغط قد تكون مؤشرا على الالتصاق الأفضل بين الطين المعدل وألياف النخيل. لكنه مع زيادة زمن المعالجة نلاحظ إنخفاض تدريجي لهاته الخصائص



الشكل (70): تأثير زمن معالجة الألياف بمحلول من الصودا بتركيز (4%) على اختباري التنني والضغط للمركبات المدروسة

يبين الشكل (71) الذي يمثل الخصائص الميكانيكية للمركبات المقواة بألياف غير معالجة ومقارنتها بالمركبات المقواة بالألياف المعالجة بتركيز (10%) من الصودا أن هناك تحسن طفيف في هاته الخصائص مقارنة بتلك المقواة بتركيز أقل (1 و 4 %) ومع زيادة زمن المعالجة هناك إنخفاض في مستوى الخصائص الميكانيكية حيث تصل إلى أدنى قيمة للتني والضغط حيث بلغت (0.65 ميغاباسكال و 1.89 ميغاباسكال) عند زمن 48 ساعة للمركب (ARCCHP1048) وهذا بسبب سوء إلتصاق الألياف مع الطين وذلك يعود إلى تضرر الألياف وضعفها .



الشكل (71): تأثير زمن معالجة الألياف بمحلول من الصودا بتركيز (10%) على اختباري الشد والضغط للمركبات المدروسة.

قائمة المراجع

- [1] S. Brunauer « The adsorption of gases and vapors» Princeton University Press. NJ, 1 p(1945).
- [2] D. Hatsch « Interaction hôte pathogène : étude du modèle Humulus lupulus Fusarium graminearum. Identification, génomique et transcriptomique du pathogène » thèse doctorat univ Louis Pasteur, Strasbourg I, France, 190 p(2004,).
- [3] S. Mouhoubie« Caractérisation de l'interface d'un composite fibre végétale/polypropylène, thèse Magister» Université Farhat Abbas, Algérie, mécanique appliquée, 18 p(2008).
- [4] C.P. Neto, A. Seca, D. Fradinho, M.A. Coimbra, F. Domingues, D. Evtuguin, A. Silvestre, J.A.S. Cavaleiro « Chemical composition and structural features of the macromolecular components of Hibiscus cannabinus grown in Portugal »Indus. Crops Prod. 5, 189 (1996).
- [5] A. Sbiai « Matériaux composites à matrice époxyde chargée par des fibres de palmier dattier : effet de l'oxydation au tempo sur les fibres » thèse de doctorat, Université de Lyon, (2011).
- [6] بن يحي عز الدين« تأثير المعالجة القلوية على بنية الحلفاء(منطقة بوسعادة) وانعكاسها على الخصائص الميكانيكية لمركب ذو أساس من البولي استر غير المشبع»مذكرة لنيل شهادة دكتوراه علوم،جامعة المسيلة(2014).
- [7] D. Sedan « Étude des interactions physicochimiques aux interfaces fibres de chanvre/ciment. Influence sur les propriétés mécaniques du composites » thèse doctorat de l'université de limoges, matériaux céramiques et traitement de surface(2007).
- [8] B. Wang. MSc. Thesis. University of Saskatchewan (2004).
- [9] J. M. Faulstich. de Paiva, E. Frollini « Unmodified and Modified Surface Sisal Fibers as Reinforcement of Phenolic and Lignophenolic Matrices Composites:Thermal Analyses of Fibers and Composites Macromol » Material and Engineering, Vol 291, pp. 405-417(2006)
- [10] K. Al-Kaabi, A. Al-Khanbashi and A. Hammami « Date Palm Fibers as Polymeric Matrix Reinforcement: DPF/Polyester Composite properties » Polymer Composites, pp.604-613(2005)
- [11] L. Xue, L.G. Tabil, S. Panigrahi « Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review » Journal of Polymer Environment, Vol 15, pp.25-33(2007)
- [12] V.A. Alvarez, A.Vázquez « Influence of fiber chemical modification procedure on the mechanical properties and water absorption of Mater Bi-Y/sisal fiber composites » Composites: Part A, Vol 37, pp.1672-1680(2006)
- [13] M.S. Sreekala, M.G. Kumaran, J. Seena, J. Maya « Oil Palm Fibre Reinforced Phenol Formaldehyde Composites: Influence of Fibre Surface Modifications on the Mechanical Performance »Applied Composite Materials, Vol 7, pp.295-329(2000)
- [14] J.Gassan, A.K. Bledzki « Possibilities for improving the mechanical properties of jute/epoxy composites by alkali treatment of fibres » Composites Science and Technology, Vol 59, pp. 1303-1309(1999)
- [15] A. Bessadok, S.Marais, F.Gouanvé, L.Colasse, I.Zimmerlin, S.Roudesli, M.Métayer « Effect of chemical treatments of Alfa (Stipa tenacissima) fibres on water-sorption properties;» Composites Science and Technology, Vol 67, pp.685-697(2007) .
- [16] J.M. Faulstich de Paiva, E.Frollini « Unmodified and Modified Surface Sisal Fibers as Reinforcement of Phenolic and Lignophenolic Matrices Composites: Thermal Analyses of Fibers and Composites Macromol » Material and Engineering, Vol 291,

- pp.405-417(2006)
- [17] P. Saha, S. Manna, S.R.Chowdhury, R.Sen, D.Roy, B.Adhikari « Enhancement of tensile strength of lignocellulosic jute fibers by alkali-steam treatment » *Bioresource Technology*, Vol 101, pp.3182–3187(2010).
- [18] S.J. Eichhorn, C.A. Baillie, N. Zafeiropoulos, L.Y. Mwaikambo, M.P. Ansell, A. Dufresne, K.M. Entwistle, P.J. Herrera-Franco, G.C. Escamilla, L. Groom, M. Hughes, C. Hill, T.G. Rials, P.M. Wild « Review Current international research into cellulosic fibres and composites » *Journal of Materials Science*, Vol 36, pp.2107–2131(2001)
- [19] X.F. Sun, F. Xu, R.C. Sun, Y.X. Wang, P. Fowler, M.S. Baird « Characteristics of degraded lignins obtained from steam exploded wheat straw » *Polymer Degradation and Stability*, vol.86, pp.245-256(2004)
- [20] F. Xu, J.X. Sun, R.C. Sun, P. Fowler, M.S. Baird « Comparative study of organosolv lignins from wheat straw » *Industrial Crops and Products*, Vol 23, pp.180-190(2006)
- [21] M. Fan, D. Dai, B.Huang « Fourier Transform Infrared Spectroscopy for Natural Fibres » *Fourier Transform - Materials Analysis*, Vol 55, pp. 45-68 (2012).
- [22] Y. Cao, S. Shibata, I. Fukumoto « Mechanical properties of biodegradable composites reinforced with bagasse fibre before and after alkali treatments. Compos » *Part A*, Vol 37, pp.423–429(2006)
- [23] B. K. Sarkar and D. Ray, *Compos.Sci. Technol*, Vol 64, p.2213 (2004)
- [24] S. Mishra, A. K. Mohanty, L. T. Drzal, M. Misra, S. Parija, S. K. Nayak and S. Tripathy, *Compos.Sci.Technol*, Vol 63, p.1377(2003)
- [25] H.P. S. Abdul Khalil, H. Ismail. *Polym Test*, Vol 20(1), p. 65(2000)
- [26] K. Joseph, L. H. C. Mattoso, R. D. Toledo, S. Thomas, L. H. de-Carvalho, L. Pothén, S. Kala, B. James. E. Frollini, A.L. Leão, L.H.C. Mattoso, São Carlos (eds) « Natural polymers and agro fibers composites » *Embrapa, USP-IQSC, UNESP, Brazil*, (2000)
- [27] T. Alsaeed, B.F.Yousif, H. Ku « The potential of using date palm fibres as reinforcement for polymeric composites » *Mater. Des* 43, 177–184(2013).
- [28] M. Tlijani « Contribution à la caractérisation thermo-physique de matériaux bio-isolant: valorisation des déchets du bois de palmier » *Université de Paris Est France*(2016).
- [29] Bendahou, A., Habibi, Y., Kaddami, H., Dufresne « A. Physico-Chemical Characterization of Palm from Phoenix Dactylifera–L, Preparation of Cellulose Whiskers and Natural Rubber–Based Nanocomposites» *J. Biobased Materials and Bioenergy*, v.3, p.1-10(2009).
- [30] A.Krikre « Caractérisation des fibres de palmier dattier et propriétés des bétons et mortiers renforcés par ces fibres en climat chaud sec » *Thèse de Doctorat d’Etat ,ENP* (2005)
- [31] F. Zhou, G. Cheng et B. Jiang. « Effect of silane treatment on microstructure of sisal fibers» *Applied Surface Science.*, Vol. 292, pp 806-812(2014).
- [32] N. Lu et S. Oza. « Thermal stability and thermo-mechanical properties of hemp-high density polyethylene composites: Effect of two different chemical modifications» *Composites Part B: Engineering.*, Vol. 44, pp 484-490(2013).
- [33] V.Tserki, N. E. Zafeiropoulos, F. Simon, C. Panayiotou « A study of the effect of acetylation and propionylation surface treatments on natural fibres » *Composites: Part A* 36, 1110–1118(2005).
- [34] M. S. Sreekala, M.G. Kumaran, S. Thomas « Oil palm fibres: morphology, chemical composition, surface modification, and mechanical properties» *J. Appl. Polym. Sci* 66, 821–835(1997).
- [35] Mwaikambo, L. Y., Ansell, M. P « Chemical modification of hemp, sisal, jute, and

- kapok fibres by alkalization » J. Appl. Polym. Sci84, 2222–2234(2002)
- [36] Do Thi VV. « Matériaux composites fibres naturelles/polymère biodégradables ou non;» Thèse de Doctorat, Université de Grenoble et Université des sciences de hochiminh ville, p. 189(2011).
- [37] N.Sgriccia, M.C.Hawley, M.Misra « Characterization of natural fiber surfaces and natural fiber composites » Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Vol. 39, pp. 1632-1637(2008).
- [38] M.Sarikanat, Y.Seki, K.Sefer, C.Durmuşkahya « Determination of properties of *Althaea officinalis* L. (Marshmallow) fibres as a potential plant fibre in polymeric composite materials» Composites Part B: Engineering, Vol. 57, pp. 180-186(2014).
- [39] Y.Seki, M.Sarikanat, K.Sefer, Durmuşkahya C. « Extraction and properties of *Ferula communis* (chakshir) fibers as novel reinforcement for composites materials » Composites Part B: Engineering, Vol. 44, pp. 517-523(2013).
- [40] Mohan T.P., Kanny K« Chemical treatment of sisal fiber using alkali and clay method» Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Vol. 43, pp. 1989-1998(2012).
- [41] Kim J.T., Netravali A.N. « Mercerization of sisal fibers: Effect of tension on mechanical properties of sisal fiber and fiber-reinforced composites» Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Vol. 41, pp. 1245-1252(2010).
- [42] Gu H. « Tensile behaviours of the coir fibre and related composites after NaOH treatment » Materials and Design, Vol. 30, pp. 3931-3934(2009).
- [43] A .Benyahia , A.Merrouche ;effect of chemical surface modification on the properties of Alfa fiber polyester composit ; polym.plast.technol. eng,53,403-410(2014).
- [44] S. Ouajai, R. A. Shanks « Polym. Composition, structure and thermal degradation of hemp cellulose after chemical treatments;» Polym. Degrad. Stabil, Vol 89, pp.327-335(2005)
- [45] H. Abral, H. Putra, S. M. Sapuan, M. R. Ishak « Effect of Alkalization on Mechanical Properties of Water Hyacinth Fibers-Unsaturated Polyester Composites »Polym. Plast.Technol.& Eng, Vol 52(5), pp. 446-451(2013)
- [46] F. Busnel, B. Eric, C. Baley, Y. Grohens « Influence des traitements chimiques sur les propriétés des surface de fibres de lin –approche nano et macroscopiques» RCMA16, composites à fibres végétales, pp. 75-87(2006)
- [47] S.Borysiak « Influence of wood mercerization on the crystallization of polypropylene in wood/PP composites» J Therm Anal Calorim, Vol. 109, pp. 595-603(2012).
- [48] Oudiani, A.E., Chaabouni Y., Msahli S., Sakli F « Crystal transition from cellulose I to cellulose II in NaOH treated *Agave americana* L. fibre » Carbohydrate Polymers, Vol. 86, pp. 1221-1229(2011).
- [49] A. Govin « Aspects Physico -Chimique de l'interaction bois-ciment modification de l'hydratation du ciment par le bois » Thèse de Doctorat, Saint-Etienne, Ecole Nationale Supérieure des Mines (2004).
- [50] Khelifa M.R.« Effet de l'attaque sulfatique externe sur la durabilité des bétons autoplaçant » Thèse de Doctorat, Université de Constantine et Université d'Orléans, p.178(2009) .
- [51] M.Bouasker, N.Belaya chi, D.Hoxha, M.Al-Mukhtar « Physical Characterization of Natural Straw Fibers as Aggregates for Construction Materials Applications» Materials, Vol. 7, pp. 3034-3048(2014).
- [52] Doan Thi Thu Loan« Investigation on jute fibres and their composites based on polypropylene and epoxy matrices» Thèse de doctorat, l'université de Dresden, (2006).

- [53] Hee-Soo Kim, Sumin Kim, Hyun-Joong Kim, Han-Seung Yang« Thermal properties of bio-flour-filled polyolefin composites with different ompatibilizing agent type and content »*Thermochimica Acta* 451, 181-188(2006).
- [54] Maria Alice Martins, Ines Joekes« Tire Rubber–Sisal Composites: Effect of Mercerization and Acetylation on Reinforcement » *Journal of Applied Polymer Science*, Vol. 89, 2507-2515(2003).
- [55] Haiping Yang, Rong Yan, Hanping Chen, Dong Ho Lee, Chuguang Zheng« Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis» *Fuel* 86, 1781-1788(2007).
- [56] P.V. Joseph, K. Joseph, S. Thomas, C.K.S. Pillai, V.S. Prasad, G. Groeninckx, Mariana Sarkissova « The thermal and crystallisation studies of short sisal fibre reinforced polypropylene composites » *Composites: Part A* 34, 253-266(2003).
- [57] Igor Maria De Rosa, Josè Maria Kenny, Debora Puglia, Carlo Santulli, Fabrizio Sarasini« Morphological, thermal and mechanical characterization of okra (*Abelmoschus esculentus*) fibres as potential reinforcement in polymer composites» *Composites Science and Technology* 70, 116–122(2010).
- [58] Fabio Tomczak, Thais Helena Demétrio Sydenstricker, Kestur Gundappa Satyanarayana« Studies on lignocellulosic fibers of Brazil. Part II: Morphology and properties of Brazilian coconut fibers» *Composites: Part A* 38, 1710-1721(2007).
- [59] Jan E.G. Van Dam, Martien J.A. van den Oever, Wouter Teunissen, Edwin R.P. Keijsers, Aurora G. Peralta« Process for production of high density/high performance binderless boards from whole coconut husk Part 1: Lignin as intrinsic thermosetting binder resin »*Industrial Crops and Products* 19, 207-216, (2004).
- [60] Vadim Mamleev, Serge Bourbigot, Jacques Yvon« Kinetic analysis of the thermal decomposition of cellulose: The main step of mass loss» *J. Anal. Appl. Pyrolysis* 80, 151-165(2007).
- [61] J. Scheirs, G. Camino, W. Tumiatti« Overview of water evolution during the thermal degradation of cellulose » *European Polymer Journal* 37, 933-942(2001).
- [62] M. Edahbi, M. Khaddor, F. Salmoun, J. Mater. Environ. Sci.5(S1), 2135 (2014)
- [63] P. Rollet, R. Bouaziz« L’analyse thermique _ les changements de phase» édition Gautier-Villard, Tome 1, Paris(1972).
- [64] W.G. Holtz, Gibbs« Engineering properties of expansive clays» *Transactions, ASCE* 121, 641 (1956).
- [65] A. Lahsini, J. Bentama, A. Addaou, M. Rafiq, J. Chim. Phys. 95, 1001 (1998)
- [66] Norme française NF P 18-560 Sols : reconnaissance et essais_ Analyse granulométrique– méthode par tamisage à sec après lavage, 16 p(1996).
- [67] Norme française NF P 94–051 Détermination des limites d’Atterberg : limite de liquidité à la coupelle, limite de plasticité au rouleau,16 p(1993).
- [68] M. Gourouza, A. Zanguina, I. Natatou, A. Boos, *Rev. CAMES _ Sciences Struct. Mat.* 1, 29 (2013).
- [69] O. Qabaqous, N. Tijani, M. Naciri Bennani, A. El Krouk, *J.Mater. Environ. Sci.* 5, 2247 (2014).
- [70] A. Aarfane, A. Salhi, M. El Krati, S. Tahiri, M. Monkade,.K. Lhadi., M. Bensitel, *J. Mater. Environ. Sci.* 5(6), 1928 (2014)
- [71] L. Bouna, *Univ. Cadi Ayyad FST _ Marr.* 1, 122 p.(2012).
- [72] A.A.E. Driss, K. Harichane, M. Ghrici« Effet de la chaux sur la stabilisation des propriétés géotechniques d’un sol argileux, 8e Symposium International sur la Construction en Zone Sismique» (SICZS) Chlef(2018).
- [73] M.O. Boffoue, K.C. Kouadio, C.H. Kouako, A.A. Assande,A. Dauscher, B. Lenoir, E. Emeruwa« Influence de la teneur en ciment sur les propriétés thermomécaniques des

blocs d'argile comprimée et stabilisée» Afr. Sci. 11(2),
35 (2015).

الخلاصة العامة

الخلاصة العامة

إن الهدف الرئيس من البحث هو دراسة مدى تأثير تركيز وزمن المعالجة القلوية بمحلول من الصودا لألياف النخيل على السلوك الميكانيكي للمواد المركبة ذات أساس من الطين الأحمر الخاص بمنطقة المسيلة وذلك قصد استعماله كطوب في مواد البناء وخاصة في المناطق الصحراوية .

كخطوة أولى قمنا بمزج الطين الأحمر مع نسب مختلفة من الاسمنت والجير (3،6،9،12%) لتحديد النسب المثالية للخليط (المصفوفة) . في الخطوة التالية تمت معالجة ألياف النخيل بمحلول هيدروكسيد الصوديوم حيث قمنا بتنشيط التركيز مع تغيير زمن المعالجة (3،7،24،48 ساعة) ثم قمنا بمعالجة الألياف بتركيز مختلفة من الصود (10،4،1%) عند أزمنة ثابتة (3،7،24،48 ساعة) وذلك لمعرفة التركيز وزمن المعالجة الأمثلين لألياف النخيل.

من خلال هذه الدراسة يمكننا استخلاص الاستنتاجات التالية:

- نظرا لما تكتسبه نسبة السيليلوز من أهمية في تحديد الخصائص الميكانيكية للألياف النباتية فإنه ومن خلال لاستخلاص بطريقة كلازون أثبتنا أن نسبة السيليلوز في ألياف النخيل كانت كبيرة بحيث بلغت حوالي 35.75 % وهي قريبة من تلك الموجودة في ألياف الحلفاء.

- من بين الاختبارات التشخيصية المستعملة في هذه الدراسة (MEB،ATG،DRX،IR) ،اختبار الثني ذو ثلاث نقاط واختبار الضغط .

- الاختبار التشخيصي باستعمال المجهر الضوئي أظهر التغييرات المورفولوجية الحاصلة على سطح الألياف حيث تبين لنا تأثير زمن وتركيز المعالجة الكيميائية بالصودا على سطح الألياف وقطرها مقارنة بالألياف غير المعالجة . إن افضل النتائج كانت عند تركيز 4 % وأفضل زمن هو 7 ساعات للعينه (P0407) حيث أن المعالجة القلوية بالصودا تؤدي إلى تليف الألياف إضافة إلى زيادة الخشونة على سطح الألياف مما يزيد من المساحة الفعالة للتلامس بين الألياف و المصفوفة، وبذلك تتحسن الخواص الميكانيكية للمركبات. كما أن هناك تغيرا في قطر الألياف حيث بلغ حوالي 66.79 ميكرومتر مقارنة بالألياف غير المعالجة. هذا الاختلاف هو بسبب تفكك الجزء الأكبر لمكونات التقوية مثل الهيميسيلولوز واللجنين . مع زيادة التركيز وزمن المعالجة يحدث ضرر للألياف وتلفها حيث تفقد اللييفات تماسكها ويتناقص قطرها إلى 41.76 ميكرومتر في العينه (P0448) وإلى 23.84 ميكرومتر في العينه (P1024).

- من خلال الصور المأخوذة بواسطة المجهر الالكتروني الماسح (MEB) للعينات المعالجة بالصودا فإنها تظهر مدى تحسن السطح الخارجي للألياف، وإزالة الطبقة التي تغطي اللييفات المجهرية مقارنة بالألياف غير المعالجة حيث تحتوي هذه الأخيرة (P0000) على سطح غير منتظم ومغطى بطبقة من الشوائب. طبقة

الشوائب تمنع التصاق بيني بين المصفوفة الليفية وتؤثر مباشرة على صلابة الألياف. علاوة على ذلك لا يزال هيكل الجدران الخلوية النموذجي الذي يحيط ببعض الألياف الليفية واضحاً من ناحية أخرى هيكل ألياف النخيل مسامي مما يزيد قدرة الألياف على امتصاص الماء. كما تم التأكد من نقصان القطر لجميع الألياف المعالجة بالصودا نتيجة إزالة جزء معين من مادة الهيميسليلوز واللجنين والمواد الشمعية والزيوت الطبيعية. يمكن تمييز الليفيات بشكل واضح على سطح الألياف المعالجة بالصودا بتركيز 4 % وبالتالي تحدث زيادة في مساحة السطح ، مما يؤدي إلى زيادة الالتصاق في سطح الألياف والمصفوفة في المركبات. ومع ذلك ، فنلاحظ وجود تشققات على سطح الألياف المعالجة ، بسبب ظاهرة التحلل التي تحدث عندما يكون زمن تامة المعالجة كبير (48 ساعة) وذلك للعينتين (P1048) و (P0448).

- من خلال اختبار طيف الأشعة تحت الحمراء نلاحظ أنه كلما زاد التركيز وزمن المعالجة إنخفض النبض عند 1750 سم⁻¹ والذي يقابل اهتزاز المد لمجموعة (C=O) حيث ينحل الهيميسليلوز في الوسط القلوي والذي يتميز أساساً بكسر الروابط (C-O-C). أما النبض عند 1270 سم⁻¹ فإنه يمثل الروابط (C-O) لمجموعة الأستيل في اللجنين والتي تنخفض شدتها بزيادة المعالجة وذلك ما يؤكد أن المعالجة القلوية لها تأثير إيجابي وذلك بالتخلص من الهيميسليلوز واللجنين مما يؤدي إلى تحسين الالتصاق بين الألياف والمصفوفة ؛ إن المعالجة القلوية بالصودا للألياف لا تهاجم فقط مكونات الألياف بل يحررها بشكل فعال من الشوائب السطحية والمواد الدهنية وبالتالي تقليل محتوى البكتين السطحي والشموع والشوائب مما يؤدي إلى تحسين الخصائص الميكانيكية للمواد المركبة.

- إن كلا من زمن المعالجة بالصودا والتركيز لألياف النخيل بمحلول هيدروكسيد الصوديوم هو أحد العوامل الرئيسية التي تزيد من مؤشر التبلور ، مما يساهم في قوة الألياف. إن شدة النبض التي تزداد بشكل ملحوظ بعد المعالجة القلوية للألياف لتصل لأقصى قيمة للعينتين (P0107) و (P0424).

- من خلال النتائج المحصل عليها نلاحظ أن مؤشر التبلور للعينة (P0107) تزداد بقيمة 18.87 % و تزداد بقيمة 20.74 % للعينة (P0424) مقارنة بالعينة الغير معالجة. وهذا يؤكد فرضية بأن هناك إزالة تدريجية للمواد غير السيليلوزية (الجزء غير المتبلور) من ألياف النخيل. - إن هاته المعالجة هي عامل رئيسي تساهم في تعزيز قوة ألياف النخيل المستعملة كتقوية للمركب المدروس.

- تأثير المعالجة القلوية يظهر جلياً من خلال التحليل الوزني الحراري للعينات حيث أن الألياف المعالجة بالصودا تبدأ في التحلل عند درجة حرارة أقل من الألياف غير المعالجة وتفقد نسبة أكبر من الكتلة عند درجة حرارة أعلى من (250°م) حيث أن معدل التحلل قوي جداً بالمقارنة مع الألياف غير المعالجة .

- إن محتوى الخليط المثالي للطوب هو 12% من الاسمنت و 9% من الجير و 3% من الألياف كما أن طول الألياف المثالي هو (2سم)، حيث أظهرت النتائج زيادة في قيمة إجهاد الثني والضغط حيث بلغت

1.12 ميغاباسكال و 2.13 ميغاباسكال على التوالي بالنسبة للمركب (ARC12CH9P03) مقارنة بالطوب الخام (AR) والذي بلغت فيه قيمة إجهاد الثني 0.67 % والضغط 0.89 %.

- تزداد الكفاءة الميكانيكية لمركب ألياف النخيل / الطين الأحمر وذلك بزيادة الخصائص السطحية للألياف (خشونة، الخاصية الهيدروفيلية) وقد كان للمعالجة القلوية بمحلول من الصودا وزمن المعالجة تأثيرين كبيرين في تحسين الخواص الميكانيكية، أي خصائص الانثناء والضغط للمركبات بالمقارنة مع الطين الأحمر المقوى بالألياف غير المعالجة.

- بلغت قيمة إجهاد الثني والضغط للمركب (ARC12CH9P47) على التوالي حوالي 57 % و 60 % والتي كانت بسبب شدة الالتصاق البيني بين ألياف النخيل مع مصفوفة الطين الأحمر. أخيراً، يمكن القول أن ألياف النخيل لديها مستقبل واعد جداً في استعمالها في تحضير المواد المركبة سواء كانت المصفوفة عضوية أو غير عضوية وذلك بسبب خصائصها وتكلفتها المنخفضة فضلاً على أنها بيئية بامتياز مقارنة مع الألياف المعدنية.

الملخص:

تم تحضير العينات باستخدام ألياف النخيل كتعزيز للطين الأحمر. تتميز الألياف النباتية بخصائص إيجابية: وفيرة في الطبيعة، وخفيفة، وقابلة للتحلل، وصديقة للبيئة، وأقل تكلفة، علاوة على ذلك، فإن خواصها الميكانيكية تجعلها منافسة مع الألياف الاصطناعية لتحضير المواد المركبة. ينقسم هذا العمل إلى مرحلتين: الأولى تتكون من معالجة ألياف النخيل باستخدام محلول أساسي من هيدروكسيد الصوديوم ($\text{NaOH} \% [\text{m} / \text{v}]$) خلال أزمنة مختلفة (3، 7، 24 و 48 س). الخطوة الثانية هي معالجة الألياف بتركيزات مختلفة من الصودا (1، 4، 10 %) مع تثبيت الزمن من أجل معرفة التركيز والزمن الأمثلين لمعالجة ألياف النخيل. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من الاختبارات التي أجريت على المركب المقوى بألياف النخيل المعالجة بمحلول من الصودا تركيزه (4 %) لمدة 7 ساعات زيادة ملحوظة في مقاومة الانحناء والضغط؛ هذه الزيادة هي حوالي 57 و 60 % على التوالي، مقارنة مع المركب المعزز بألياف غير معالجة. ومن خلال كل هذا نستنتج أن ألياف النخيل يمكنها أن تتنافس ألياف أخرى واعتبارها واحدة من أهم المواد لتعزيز الطين في مجال مواد البناء. من بين الاختبارات التشخيصية المستخدمة في هذه الدراسة IR، DRX، ATG، SEM، XPS اختبار الانحناء ثلاثي النقاط واختبار الضغط. **الكلمات المفتاحية:** ألياف النخيل، المعالجة القلوية، الطين الأحمر، قوة إجهاد الشد، قوة الضغط والمواد المركبة.

Abstract:

The samples were prepared using palm fibers as reinforcement for the red clay. Plant fibers have positive properties: abundant in nature, light, biodegradable, eco-environmental and less expensive, in addition, their mechanical properties make them competitive compared to synthetic fibers for preparing composite materials. This work is divided into two phases: The first consists in treating the palm fibers with a basic solution of sodium hydroxide ($\text{NaOH} \% [\text{m} / \text{v}]$) at different times (3, 7, 24 and 48 h). The second step consists in treating the fibers with different concentrations of soda (1, 4, 10%) at constant processing time in order to know the optimal concentration and the processing time of the palm fibers. The results obtained from the tests carried out on the composite reinforced with palm fibers treated with a sodium hydroxide solution (4%) at $t = 7$ h showed a significant increase in the flexural and compressive strength; this increase is approximately 57 and 60% respectively compared to the composite reinforced by untreated fibers. It can be concluded that palm fibers can be considered as one of the suitable materials for clay reinforcement. We conclude that palm fibers can compete with other fibers and consider it as one of the most important materials for strengthening clay in the field of building materials. Among the diagnostic tests used in this study: IR, DRX, ATG, SEM, XPS, three-point bending test and pressure test.

Key words: Palm fibers, alkaline treatment, red clay, flexural strength, compressive strength and composite materials.

Résumé:

Les échantillons ont été préparés en utilisant des fibres de palmier comme renfort pour l'argile rouge. Les fibres végétales ont des propriétés positives: abondantes dans la nature, légères, biodégradables, éco-environnementaux et moins chères, de plus, leurs propriétés mécaniques les rendent compétitives par rapport aux fibres synthétiques pour préparer des matériaux composites. Ce travail est divisé en deux phases: La première consiste à traiter les fibres de palme avec une solution basique d'hydroxyde de sodium ($\text{NaOH} \% [\text{m} / \text{v}]$) à différents moments (3, 7, 24 et 48 h). La deuxième étape consiste à traiter les fibres avec différentes concentrations de soude (1, 4, 10%) avec un temps de traitement constant afin de connaître la concentration optimale et le temps de traitement des fibres de palme.

Les résultats obtenus à partir des tests effectués sur le composite renforcé par des fibres de palmier traitées avec une solution de soude (4%) à $t = 7$ h ont montré une augmentation sensible à la résistance de flexion et compression; cette augmentation est respectivement d'environ 57 et 60% par rapport au composite renforcé par des fibres non traité. On peut conclure que les fibres de palmier peuvent être considérées comme l'un des matériaux appropriés pour le renforcement d'argile.

Nous concluons que les fibres de palmier peuvent rivaliser avec d'autres fibres et le considérons comme l'un des matériaux les plus importants pour renforcer l'argile dans le domaine des matériaux de construction. Parmi les tests de diagnostic utilisés dans cette étude: IR, DRX, ATG, SEM, XPS, test de flexion en trois points et test de pression.

Mots clés: fibres de palmier, traitement alcalin, argile rouge, résistance à la flexion, résistance à la compression et matériaux composites.