



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la Matière

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine des Sciences de la Matière

Filière de chimie

Spécialité Chimie: chimie des matériaux

Réf. :

Présenté et soutenu par :

Mehenni Salsabil

Djahra Meriyam

Mémoire de fin d'étude en Master

Intitulé :

تثمين نشارة الخشب بواسطة التنشيط الكيميائي

Jury :

M^{me}.Fettah Isma

MCB

Université Med Khider de Biskra

Président

M.Djail Kamel

MAA

Université Med Khider de Biskra

Examineur

M.Boukraa Aissam

MCB

Université Med Khider de Biskra

Rapporteur

الإهداء

وإن أردت أن أذكر كلَّ من كانَ لهم فضلٌ في كوني أنا وهنا، فلن أستطيع حصرهم في بضع كلمات ولن أوفي كل ذي حق حقه!

ولكّتي أعرف أن الفضلَ كل الفضلَ للداعمين الأولين، * أمي و أبي * غفر الله لهما ورضي عنهما وكتب الله لهما عمراً مديداً طيباً ممتد الأثر. أمي الركن الذي استندت عليه، والدافع الأكبر لأصل، و الجانب المضيء في عمتنا، كل ورقة وكتاب على رف مكتبي يشهد لها أنها هي من أرادت لنا النجاح فسعت ودعت. وهذا أثري إن كان خيراً فأهديه إليك. بدون أن أهدي النجاح والعمل، كل فرح هو فرحهم وكل نجاح منهم وإليهم _عائلي_ لكل إخوتي وأخواتي، جميل ما صنعتم ظاهراً في دربي وخطى الطريق. فشكراً، وشمس الدين خاصة، لمساهمتها في عملي ورسالته التي دعمتني (أنا معك). وإلى أفتان حفيدتنا الجميلة لتكون خطاك مباركة ونباتك نباتاً حسناً.

الله نحن ما أجلّ خطوتنا هكذا تمكين _عائلي الثانية_ قد علمتني أنّ أشد اللحظات هي لبناتُ البناء، وأنّ الآلام مسائرُ صقل، أهديكم دعواتي وكل الحب، أن لكل همّة أن ترفع أُمَّة. وكل ما أنا فيه لأمتي ولقضيّتي ولفلسطين الأبية وقدسنا الشريف،

إلى زميلتي في الأطروحة مريم. بقينا أن فرحنا واحد.. فكما شاركنا التعب والجهد والليالي سهراً ليكون بين أيدينا هذا العمل، نتشارك الوصول راضيين عن بعض مسرورين لمشاركتنا معاً.

ولا ننس رفقاء الدرب (ايناس فاطمة نادو مريم حنان رحمة بتول أسماء أماني). حتما وصلنا دعمهم بشكل ما، وجودهم وسندهم و صداقتهم أضافت الكثير. أصدقاء الجامعة (إيمان صفية سباح أحلام صونيا)، رفقاء السكن الجامعي، أستاذتي و معلماتي الذين رأوا فيّ ما لم أراه بنفسي واستخرجوا منّي جمالاً خفياً عني، علموني كما تعلوني دائماً، علموني هذه المرة: كيف أشكرهم...

إلى الرواية التي لم تكتمل بعد ستكتمل قريباً بإذن الله. إلى أنا في بقعة أخرى، شبيهاً لروحي يا صاحب الدرب و شريك الخطوة.

سلسيل مهني

الإهداء

إلى والدي الذي ما بخل عليا بشيء حلمت به و كان محفزي لوصولي إلى هذه اللحظة..
إلى أمي الغالية التي طالما دعت لي في حياتها و كانت سبب سعادتي في هذه الحياة..
اللهم إحفظهم لي سندا دائما و أبدا.

إلى إخوتي (عبد الحق، عبد الصمد، و توأمنا : مندر و نذير) الذين عرفوا كيف
يتلاعبون بمشاعري و احتلوا جزءاً من قلبي و استوطنوا فيه..
إلى صغیرتي و قطعة من قلبي.... أختي و حیدتي (شفاء).... أتمنى أن أراها أفضل مني
محققه كل أحلامها و أمنياتها..

إلى صديقتي رفيقات دربي (صفية، سماح، سعاد....) كنتم رفقة الطريق، و لكم نجاحي
مثلا كنتم لي السند...والى كل صديقة تركت لنفسها ذكرى طيبة في قلوبنا نذكرها بها..
إلى عزيزتي...لا... بل أختي... مشجعتي الدائمة و رفيقة مذكرتي(سلسيل)... تشاركت
معها كل شيء، و كانت معي في كل خطوة خطوتها نحو نجاحي..
إلى كل من له فضل في علمي و من أحب لي الخير و من أحب..
إلى المستقبل الأتي... و من أحلم يوما بلقاهم..

جهره مريم

تشكرات

اللَّهُمَّ إِنَّا نَشْهَدُكَ أَنَّكَ الْيَدُ الَّتِي صَنَعْتَ مَا نَحْنُ عَلَيْهِ الْآنَ، وَنَشْهَدُكَ أَنَّكَ الْحِكْمَةُ الَّتِي قَدَّرْتَ وَالنُّورَ الَّتِي هَدَيْتَ وَالْمُنْتَسِعَ الَّتِي اِحْتَوَى، وَالْبَابَ الَّتِي لَمْ يُوَصَّدْ وَالِدَعْوَةَ الَّتِي لَمْ تَرُدْ وَالْأَمْرَ الَّتِي قِيلَ لَهُ كُنْ فَكَانَ. فَالْحَمْدُ لَكَ حَتَّى يَسْتَقِيمَ النُّبُضُ.

كل الشكر و الإمتنان لمشرف أطروحتنا الأستاذ بوكراع عصام لإشرافه وتوجيهاته طيلة المسار، ولطفه وسعة صدره، وتواجهه طيلة العمل معنا ورغم كل الظروف.

والشكر موصول للجنة المناقشة من رئيسة اللجنة (فتاح اسماء) و الأستاذ المناقش (جعيل كمال).

كما أتوجه بالشكر إلى كل من ساهم في إنجاز هذا العمل، من رؤساء مخبر الكيمياء التربوية بجامعة بسكرة على توافرهم ومساعدتهم القيمة، ولأن مسارنا يبدأ من خطوتنا الأولى، فالشكر للسند الأول العائلة، و شكرا لكل من علمنا حرفا و قدم لنا المعرفة، من معلمين وأساتذة في كل الأطوار. وكل من ساهم في استكمال مشروع التخرج، لكم خالص الشكر والإمتنان.

قائمة الأشكال

الفصل الأول

-
- الشكل 1.I. رسم تخطيطي لشجرة توضح المخلب والجذع والتاج. 4.....
- الشكل 2.I. مقاطع الخشب الثلاثة. 5.....
- الشكل 3.I. خطط مقاطع جذر شجرة. 6.....
- الشكل 4.I. مقطع عرضي لجذع الشجرة. 6.....
- الشكل 5.I. المقطع العرضي للخشب الربيعي والصيفي في الزيادة السنوية. 8.....
- الشكل 6.I. خريطة خشبية نموذجية للصنوبريات. 10.....
- الشكل 7.I. خريطة خشبية نموذجية للخشب الصلب. 10.....
- الشكل 8.I. تمثيل تخطيطي للطبقات المختلفة لجدار الخلية. 11.....
- الشكل 9.I. التمثيل التخطيطي لتنظيم البوليمرات في ألياف الخشب. 11.....
- الشكل 10.I. التمثيل التخطيطي للمكونات الكيميائية للخشب. 13.....
- الشكل 11.I. الصيغة الكيميائية للسيليلوز. 14.....
- الشكل 12.I. جسور الهيدروجين بين الجزيئات وضمن الجزيئات بين اثنين من الجزيئات الكبيرة المجاورة للسيليلوز. 14.....
- الشكل 13.I. المناطق البلورية وغير المتبلورة في الألياف الدقيقة للسيليلوز. 15.....
- الشكل 14.I. وحدات بسيطة تشكل النصف سيليلوز. 16.....
- الشكل 15.I. سلانف من الخشيين الحيوي. 17.....
- الشكل 16.I. رسم تخطيطي يوضح بطريقة مختلفة الاستخدامات المختلفة للخشب. 19.....

الفصل الثاني

-
- الشكل 1.II. رسم توضيحي لطواهر الإمتزاز: الإمتزاز والإمتصاص. 22.....
- الشكل 2.II. مخطط الإمتزاز الفيزيائي. 23.....
- الشكل 3.II. آلية نقل ممتز داخل مادة صلبة. 25.....
- الشكل 4.II. تمثيل تخطيطي لأنواع مختلفة من المسام. 27.....
- الشكل 5.II. التمثيل التخطيطي للسطح الداخلي والخارجي للإمتزاز. 27.....
- الشكل 6.II. أنواع مختلفة من منحنيات الإمتزاز. 29.....

- الشكل II. 7. نموذج إمتزاز أحادي الطبقة. 30
- الشكل II. 8. نموذج إمتزاز Freundlich 31
- الشكل II. 9. نموذج الإمتزاز متعدد الطبقات. 32

الفصل الثالث

- الشكل III. 1. نشارة الخشب. 33
- الشكل III. 2. رقائق الخشب. 33
- الشكل III. 3. رسم تخطيطي للعملية المتبعة لمعالجة نشارة الخشب. 35
- الشكل III. 4. مراحل قبل معالجة المواد. 36
- الشكل III. 5. خطوات الاستخلاص بواسطة Soxhlet. 37
- الشكل III. 6. المعالجة القلبية بحمض الكبريتيك. 38
- الشكل III. 7. العلاج الكيميائي باليوريا. 39
- الشكل III. 8. رسم تخطيطي لمقياس فورييه يحول مطياف الأشعة تحت الحمراء. 41
- الشكل III. 9. جهاز التحليل الطيفي بالأشعة ما تحت الحمراء. 41
- الشكل III. 10. جهاز تحليل حيود الأشعة السينية. 43
- الشكل III. 11. جهاز المجهر الضوئي. 44

الفصل الرابع

- الشكل IV. 1. أطياف FTIR من نشارة الخشب المعالجة وغير المعالجة. 50
- الشكل IV. 2. أطياف DRX من نشارة الخشب المعالجة وغير المعالجة. 52
- الشكل IV. 3. نشارة الخشب دون معالجة بواسطة المجهر الضوئي. 53
- الشكل IV. 4. نشارة الخشب بعد إزالة المستخلصات بواسطة المجهر الضوئي. 53
- الشكل IV. 5. نشارة الخشب معالجة بنسبة 20 % بواسطة المجهر الضوئي. 54
- الشكل IV. 6. نشارة الخشب معالجة بنسبة 50 % بواسطة المجهر الضوئي. 54
- الشكل IV. 7. نشارة الخشب معالجة بنسبة 80 % بواسطة المجهر الضوئي. 55

قائمة الجداول

الفصل الأول

جدول 01.I. متوسط توزيع (%) حسب الكتلة) من المركبات المختلفة في الخشب الصلب 13

الفصل الثاني

جدول 01. II. التمييز بين الإمتزاز الفيزيائي والكيميائي..... 24

الفصل الثالث

جدول 01.III. خصائص المواد المختلفة المستخدمة..... 34

الفصل الرابع

جدول 01.IV. السطح النوعي..... 55

قائمة الإختصارات

T: درجة الحرارة.

SB: نشارة الخشب.

SB Brut: نشارة الخشب الغير معالجة (الخام).

SB 10 %: نشارة الخشب قبل الهدرجة بنسبة 10 %.

SB 40 %: نشارة الخشب قبل الهدرجة بنسبة 40 %.

SB 60 %: نشارة الخشب قبل الهدرجة بنسبة 60 %.

IR: الأشعة ما تحت الحمراء.

FTIR: التحليل الطيفي بواسطة تحويل فورييه للأشعة ما تحت الحمراء.

DRX: حيود الأشعة السينية.

EDS: التحليل الدقيق الطيفي لتشتت الطاقة .

MES: المسح المجهرى للفحص الإلكتروني .

MO: المجهر الضوئي .

الإهداء
التشكرات
قائمة الأشكال
قائمة الجداول
قائمة الإختصارات

الفهرس

1.....	مقدمة عامة
	المراجع الببليوغرافية

الفصل الأول

الخشب و نشارة الخشب

2.....	1.1 المدخل
2.....	2.1 تعريف الخشب
3.....	3.1 حصاد الأخشاب
4.....	4.1 هيكل الخشب
5.....	1.4.1 البنية العيانية
9.....	2.4.1 البنية المجهرية
9.....	1.2.4.1 خريطة أشجار الخشب اللين والخشب الصلب
11.....	2.2.4.1 البنية التحتية للخشب
12.....	5.1 التركيب الكيميائي للخشب
14.....	1.5.1 السليلوز
15.....	2.5.1 النصف سيليلوز
16.....	3.5.1 الخشبين
17.....	4.5.1 المستخلص
17.....	5.5.1 الرماد
18.....	6.1 أنواع الأخشاب
18.....	7.1 الإستخدامات الرئيسية للخشب
19.....	8.1 خصائص الخشب
20.....	9.1 الخاتمة
	المراجع الببليوغرافية

الفصل الثاني الإمتزاز

21	1.II. مدخل
21	2.II. عموميات
21	3.II. تعريف الإمتزاز
22	4.II. أنواع الإمتزاز
22	1.4.II. الإمتزاز الفيزيائي
23	2.4.II. الإمتزاز الكيميائي (الإمتزاز المنشط)
24	3.4.II. الإختلافات بين الإمتزاز الفيزيائي والكيميائي
24	4.4.II. أنواع مختلفة من المواد الممتزة
24	5.II. وصف آلية الإمتزاز
25	6.II. العوامل المؤثرة في ظاهرة الإمتزاز
25	1.6.II. السطح النوعي
26	2.6.II. طبيعة الممتزات
26	3.6.II. الحموضة
26	4.6.II. القطبية
26	5.6.II. درجة الحرارة
26	6.6.II. المسامية
28	7.6.II. طبيعة الممتز
28	7.II. منحنيات الإمتزاز
28	1.7.II. قدرة الامتزاز
28	2.7.II. تصنيف منحنيات الإمتزاز
29	3.7.II. نماذج منحنى الإمتزاز
29	1.3.7.II. نموذج Langmuir
30	2.3.7.II. نموذج Freundlich
31	3.3.7.II. نظرية BET
32	8.II. تطبيقات الإمتزاز
32	9.II. الخاتمة

المراجع الببليوغرافية

الفصل الثالث

المواد و الطرق

33	1.III. المواد
33	1.1.III. عموميات على نفايات الخشب
33	1.1.1.III. تعريف النفايات
33	2.1.1.III. نشارة و رقائق الخشب
34	2.1.III. المواد المستخدمة
35	2.III. التقنيات التجريبية
35	1.2.III. طرق التحضير
35	1.1.2.III. المواد قبل المعالجة
37	2.1.2.III. إستخراج المستخلصات بواسطة Soxhlet
37	3.1.2.III. المعالجة الكيميائية بحمض الكبريتيك
38	4.1.2.III. المعالجة الكيميائية باليوريا
40	3.III. طرق التوصيف والتحليل
40	1.3.III. طيف الأشعة ما تحت الحمراء (IR)
42	2.3.III. حيود الأشعة السينية (DRX)
43	3.3.III. المجهر الضوئي (MO)

المراجع البيبلوغرافية

الفصل الرابع

مناقشة النتائج

45	1.IV. الخصائص الفيزيائية والكيميائية
45	1.1.IV. دراسة نشارة الخشب المعالجة وغير المعالجة بواسطة طيف الأشعة ما تحت الحمراء FTIR
50	2.1.IV. دراسة نشارة الخشب المعالجة وغير المعالجة بواسطة الأشعة السينية DRX
51	3.1.IV. دراسة نشارة الخشب المعالجة وغير المعالجة بواسطة المجهر الضوئي MO
55	4.1.IV. قياس السطح النوعي
56	2.IV. الخاتمة

المراجع البيبلوغرافية

المقدمة العامة



مقدمة عامة

يتطلب تقييم نشارة الخشب كمرشح أو وسيط ممتاز في معالجة مياه الصرف معرفة بنية ونسيج المادة [1]. يمكن تحسين قدرة نشارة الخشب على تثبيت المميزات مثل الملوثات بشكل كبير عن طريق معالجتها كيميائياً. يمكن تعديل الخشب باستخدام مواد كيميائية مثل الأحماض H_2SO_4 أو H_3PO_4 ، أو بواسطة الإنزيمات [2]. الغرض من هذا العلاج هو تنشيط مواقع الإمتزاز الوظيفية وكذلك زيادة قدرة ربط المادة بالمميزات المراد إزالتها. يمكن تحقيق هذا الهدف بعدة طرق: عن طريق خفض محتوى الخشبيين ونصف السليلوز في الركيزة الصلبة المراد معالجتها، عن طريق زيادة مسامية المصفوفة [3]. أو عن طريق زيادة مساحة سطحها النوعي [2-3]. اعتماداً على نوع العلاج، يمكن الجمع بين هذه الإجراءات. ومع ذلك، فإن القيود الرئيسية للمعالجة الكيميائية هي تجنب فقد أو تدهور السكريات والحد من تكوين منتجات مثبطات. تختلف تقنيات تعديل الخشب من دراسة إلى أخرى، ويختلف سلوك الخشب من نوع لآخر. يتطلب التحكم في التعديلات التي تخضع لها المادة أثناء المعالجة الكيميائية فهماً جيداً لتطور بنيتها المجهرية كدالة لمراحل مختلفة من التنشيط الكيميائي. في هذا السياق، وبسبب الأهمية الاقتصادية والبيئية لتقدير قيمة نشارة الخشب في معالجة مياه الصرف الصحي، فقد اهتمنا أولاً وقبل كل شيء بمسألة تأثير التعديل الكيميائي على البنية الدقيقة للخشب. لتحقيق هذه الدراسة، قمنا بتقسيم عملنا إلى 4 فصول، كما يلي:

- ✓ في الفصل الأول تطرقنا إلى المادة الخشبية وكيفية الحصول عليها وخصائصها، وهيكल الخشب وتركيبه الكيميائي، وكذا استخداماته وأنواعه، ذلك أن تامين نشارة الخشب كدعم ترشيح أو ماصة في تنقية المياه الملوثة، يتطلب معرفة بنية المادة ولمسها.
- ✓ خصصنا الفصل الثاني لعملية الإمتزاز، تقديم تعريف للإمتزاز وأنواعه، ووصف آلية الإمتزاز، والعوامل المؤثرة على الظاهرة، وذكرنا بعض التطبيقات للإمتزاز.
- ✓ تم دراسة المعالجة الكيميائية لنشارة الخشب في الفصل الثالث، وذكر جميع مراحل العمل والأدوات والعتاد المستخدم، و التقنيات التجريبية (المواد قبل المعالجة، استخراج المستخلصات، المعالجة بالحمض، وأخيراً المعالجة باليورينا)، و طرق التوصيف والتحليل (طيف الأشعة ما تحت الحمراء IR، حيود الأشعة السينية DRX، المجهر الضوئي MO).
- ✓ الفصل الأخير لمناقشة النتائج والتحليلات المتحصل عليها وتحديد خصائص الخشب غير المعالج والمعالج.

المراجع الببليوغرافية

[1]	J. M Cases, F.Villiéras, L. Michot, Académie des Sciences. Paris. Sciences de la Terre et des Planètes/Earth and Planetary Sciences. 331 763 – 773 (2000).
[2]	D. Ballerini, N.Alazard-toux, Technip. Paris (2006).
[3]	K.Mahmoudi , N.Hamdi , E.Srasra , J. Mater. Environ. Sci. 5 (6) 1758-1769 (2014) .

الفصل الأول :
الخشب و نشارة
الخشب

الخشب و نشارة الخشب

1.1. المدخل:

يستخدم الخشب منذ فجر التاريخ في صناعة كل ما يحتاج إليه الإنسان و ذلك لعدة صفات مميزة للخشب عن غيره من المواد: سهولة الحصول عليه من الأشجار، قوة التحمل والصلابة، سهولة تشكيل الخشب وسهولة القطع [1]. الخشب عبارة عن بوليمر معقد له تنظيم هيكلي دقيق للغاية. تكمن خواصه وكذلك عضويته البارزة في التحول في بنيته المعقدة على جميع المستويات الهرمية، وفي تركيبته الكيميائية، وكذلك في بنيته الجزيئية. إنه بلا شك أقدم مادة يستخدمها الإنسان نتاج الطبيعة [2].

المصدر الطبيعي للأخشاب هي الغابات ولكن خوفاً من اندثار الغابات الطبيعية بسبب قطع الأشجار من أجل أخشابها، لأهميتها القصوى لاستمرار الحياة على الأرض ولأنها المصنع الطبيعي للأوكسجين، يجري في البلاد المصدرة للأخشاب على مستوى العالم، استزراع الغابات للأغراض التجارية من أجل الحصول على الأخشاب، حيث تزرع شتلات الأشجار بدلا من الأشجار الكبيرة التي قطعت. كما يتم استزراع الأشجار الخشبية السريعة النمو ذات النوعية الجيدة [1].

يستخدم الخشب بشكل رئيسي في شكلين [3]:

✓ الخشب الصلب

✓ الخشب المعاد

الخشب الصلب يستخدم أساسا للعناصر الهيكلية التقليدية. والخشب المعاد تصنيعه يمكن تصنيعه من منتج ثانويين مثل نشارة الخشب أو الخشب ذي الجودة الأقل، أو من مكونات الخشب [3].

ومع ذلك، عندما يتم استخدامه كمادة، فإنه يحتوي على عيوب معينة مرتبطة على وجه التحديد بتباينها، وطبيعتها المحبة للماء وحساسية الضوء. هذه الخصائص لها تأثير كبير على شيخوخة الخشب [4].

بشكل عام، الخشب عبارة عن مادة بناء يولد معالجتها الصناعية منتجات ثانوية ونشارة الخشب يمكن إعادة تدويرها لاستخدامات أخرى، مثل استرداد الطاقة كوقود و مواد ماصة نظيفة وطبيعية ومنخفضة التكلفة. الخصائص الهيكلية للخشب ووجود التجويف الطولي لها أهمية في معالجة مياه الصرف الصحي، عن طريق تثبيت مختلف العناصر غير المرغوب فيها على جدران المادة. كانت نشارة الخشب، الطبيعية أو المعالجة كيميائيا، من أنواع الأشجار المختلفة موضوع العديد من الدراسات حول قدرتها على إصلاح مختلف الملوثات في مياه الصرف [5].

2.1. تعريف:

الخشب مادة مركبة طبيعية تتكون من ألياف بنية معقدة. تتكون هذه الألياف من ألياف مجهرية من السليلوز ذات بنية بلورية وليفية، مغلفة بنوعين من البوليمرات غير المتبلورة: الخشبين والنصف سيليلوز [6].

يحتوي الخشب أيضا على كمية صغيرة (من 2% إلى 5% بالكتلة، في حالة معينة من الأخشاب اللينة) من المركبات العضوية ذات الكتلة الجزيئية السفلية والهياكل المتنوعة للغاية. تم تصنيف هذه المركبات، خاصة الأملاح والراتنجات المعدنية، كمستخلصات من الخشب [5].

يُعرف الخشب أيضا بأنه مجموعة من الأنسجة النباتية والمواد الخشبية والمدمجة التي تتكون من فروع وجذوع الأشجار والشجيرات [7].

3.1 حصاد الأخشاب:

تتم هذه العملية في 5 خطوات [8]:

1. الحصاد:

حصاد الغابات هو الخطوة الأولى في المعالجة. يتم تنفيذه وفقاً لخطة إدارة الغابات التي يجب أن تلبى احتياجات الفرد أو شركة الغابات، مع احترام الوسط الغابي وبيئته الحيوانية والنباتية. للقيام بذلك، يجب تكييف نوع القطع حسب الاحتياجات. يمكن حصاد الأشجار أثناء القطع مع التجديد وحماية التربة أو القطع التدريجي أو قطع البستنة أو أي قطع أخرى. بمجرد الحصاد، يتم وضع الخشب في شاحنة لنقلها إلى المصنع المناسب.

2. التوصيل إلى المصنع، القطع و تقشير اللحاء:

يصل الخشب إلى المنشرة في شكل أشجار كاملة أو على شكل قطع من الأشجار الكاملة. التي لم يتم قطعها في الغابة وسيتم قطعها في البداية. هذه الخطوة، التي تتكون من قطع الأشجار إلى قطع بأطوال مختلفة، لها تأثير كبير في سلسلة الإنتاج في الواقع، يجعل من الممكن تعظيم استخدام المواد وفقاً لجودة المنتجات المطلوبة. بمجرد تنفيذ عملية القطع، يتم توجيهها نحو حاجز النجارة. إنها آلة دوارة بسكاكين تعمل بمحركات قوية تزيل اللحاء من القطع. بعد ذلك، يتم نقلها على ناقل ويتم فحصها بواسطة قارئ بصري يسجل العديد من المعلومات، بما في ذلك الطول والقطر والشكل. التي تنتقل إلى جهاز كمبيوتر يقوم بعدد من العمليات الحسابية من أجل تحسين كل قطعة وفقاً لقيمتها وقواعد الحجم والتصنيف. ثم يوجه الكمبيوتر كل قطعة إلى خط المنشار المناسب.

3. النشر والتجفيف:

بمجرد توجيه القطع إلى خط المنشار المناسب، يتم نشرها وفقاً لنمط القطع المحدد. تعمل هذه العملية على تنشيط العديد من المناشير وأجهزة الكمبيوتر ومحركات الأقراص الضوئية. يتم فحص الاختلافات في أبعاد الأخشاب المنشورة حتى الألف من وحدة القياس، من أجل تقليل مخلفات القطع وتقديم مجموعة واسعة من المنتجات. تتم عملية النشر على مرحلتين. يسمح القطع الأساسي يجعل من الممكن تنفيذ القطع الأولي من الكرات. عادة مركز الشجرة يعطي الخشب. تستخدم نجارة الخشب ونشارة الخشب المخططة لصناعة اللب والورق والكرتون والألواح، ويتم حرق اللحاء في المصانع لإنتاج البخار والطاقة. من ناحية أخرى، يوفر القطع الثانوي قطعاً خشبية ذات دقة كبيرة وأبعاد متنوعة جداً. قطع الخشب المنتجة خام وتحتوي على نسبة رطوبة عالية. والخطوة التالية هي تجفيف الخشب بحيث يصل إلى نسبة الرطوبة أقل من 19%. تختلف درجة الحرارة ومدة العملية وفقاً للعملية المستخدمة (درجة حرارة منخفضة أو متوسطة أو عالية)، وحجم الأجزاء، والجودة المتوقعة والجوهر. على سبيل المثال، يتراوح الوقت اللازم لتجفيف قطع من الخشب الأسود من 35 إلى 40 ساعة عند 80°C (درجة حرارة عالية).

4. التشطيب ومراقبة الجودة:

بمجرد تجفيف القطع الخشبية، يتم تشكيلها، وفقاً للأبعاد المطابقة للمعايير المحددة. توفر هذه الآلة تشطيباً لامعاً مطابقاً لتلك التي تم الحصول عليها أثناء السفع الرملي. بعد ذلك، يتم قطع قطع الخشب، وهذا يعني أن نهايتي القطع يتم قطعها من أجل الحصول على الطول المطلوب أو إزالة العيوب. تستخدم صناعة المنشرة الاستخدام الأمثل لموادها الخام. وبالتالي، يتم تجميع قطع الخشب من المحاصيل وتلك التي لا تلبى المعايير باستخدام لاصق خاص. يمكن أن يصل طول القطع التي تم الحصول عليها إلى 20 متراً. يجب أن يتوافق المنتج النهائي مع قواعد التصنيف الصارمة التي تتيح

التحكم في جودة قطع الخشب. يتم التحكم بواسطة مصنف يقوم بفرز الألواح بصرياً وفقاً لجودتها وقيمتها واستخدامها المحتمل. ثم يضع ختمًا على كل قطعة.

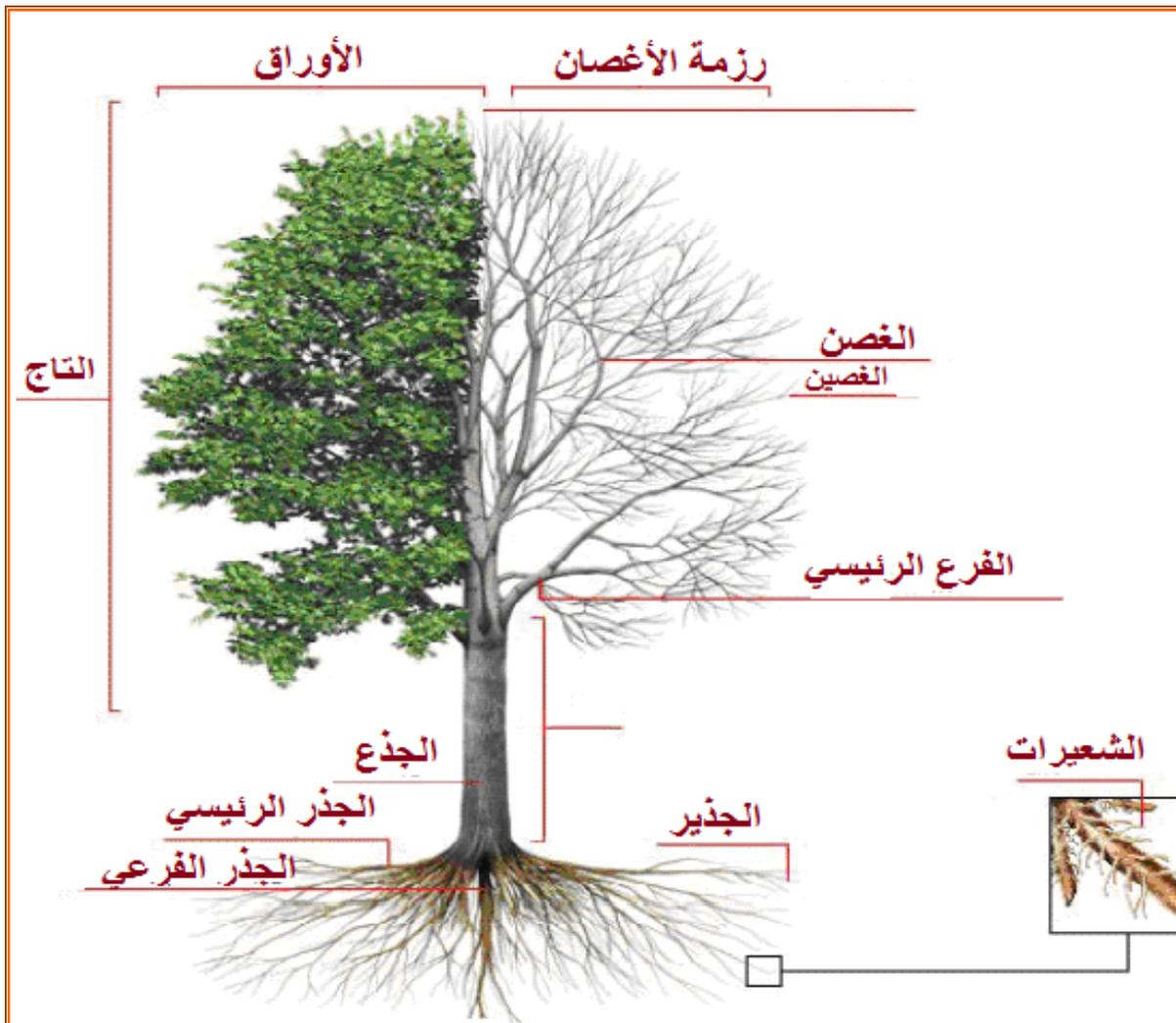
5. التوزيع:

أخيرًا، كل ما تبقى هو تحضير قطع الخشب للشحن. خلال هذه العملية، يجب على الشركات ضمان الحفاظ على منتجاتها. لذلك يلفون قطع الخشب لحمايتهم من الطقس. بالإضافة إلى ذلك، عندما تكون الوجهة في مناخ حار ورطب، يتم تشريب الغرف بمواد حافظة لمقاومة الحشرات والفطريات. لدينا الخشب جاهز الآن للتسليم.

4.I. هيكل الخشب:

الخشب عبارة عن مجموعة من الأنسجة النباتية التي تشكل الجزء الرئيسي من الجذع والأغصان وجذور الأشجار [2]. إنها مجرد هيكل عظمي للنباتات من فئة النباتات العليا. يتكون النبات عادة من جذور وساق وأوراق. تختلف الشجرة عن النباتات الأخرى فقط في مقياس تطورها [9].

من الناحية التخطيطية، يتكون من ثلاثة أجزاء أساسية: الجذور (الساق) والجذع والتاج (الفروع وأوراق الشجر) (الشكل 1.I).

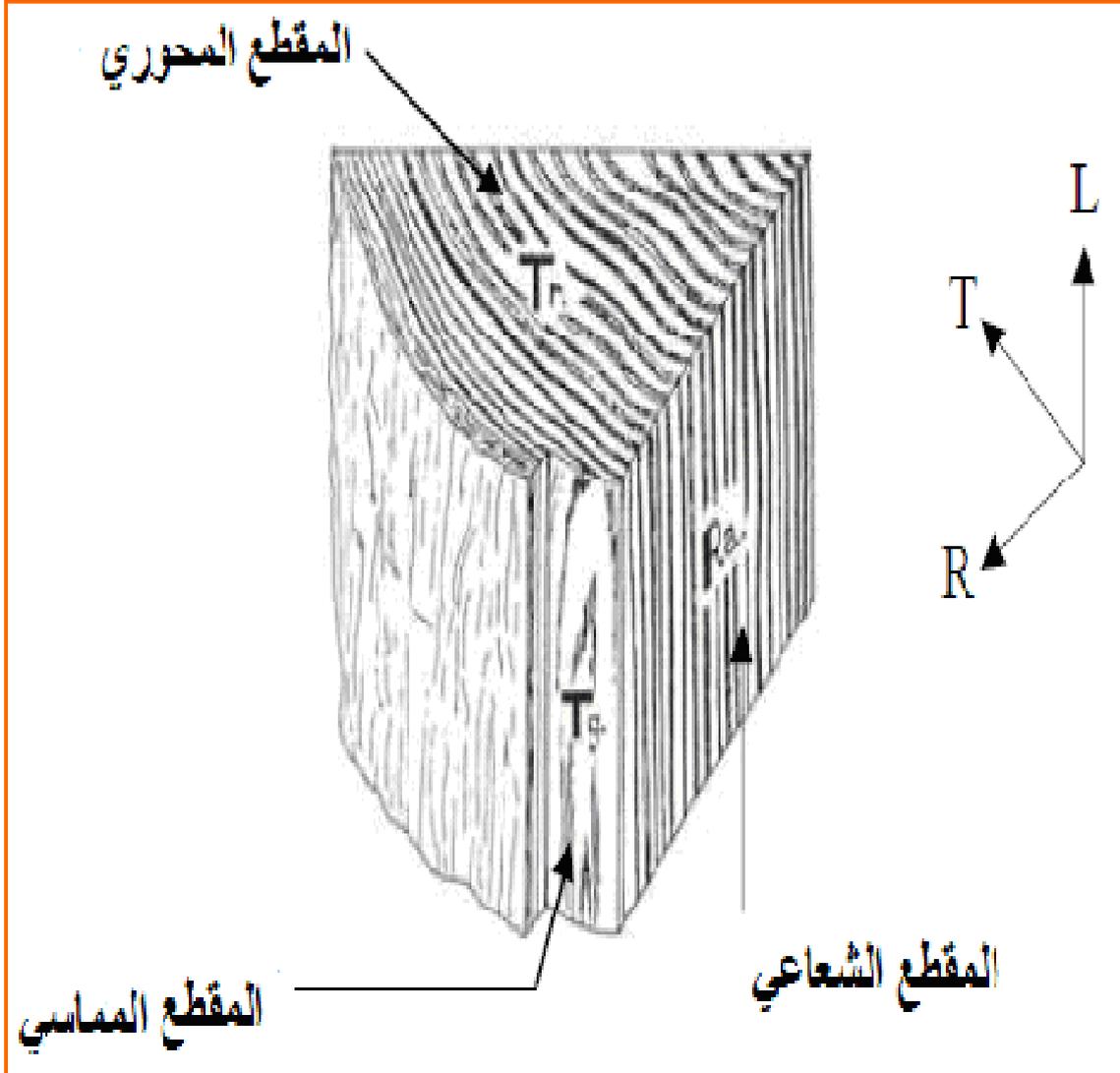


الشكل 1.I. رسم تخطيطي لشجرة توضح المخلب والجذع والتاج.

الخشب هو مادة خشبية ينتجها كائن حي يعيش في وسط النظام البيئي. تؤثر كمية الشمس المشرقة وطبيعة التضاريس والارتفاع ودرجة الحرارة المحيطة والتلوث الجوي وما إلى ذلك بشكل مباشر على نموها [10].

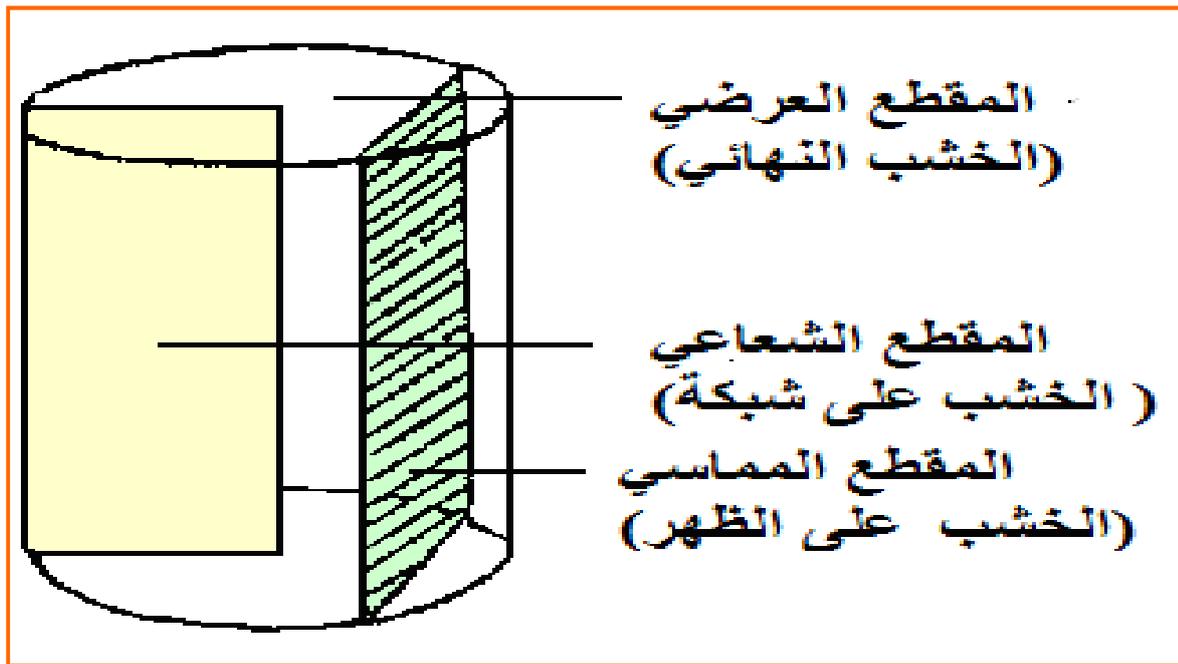
1.4.I. البنية العيانية :

يختلف المظهر العياني للخشب وفقاً للخطة التي يتم بموجبها قطع الخشب وفحصه [11].



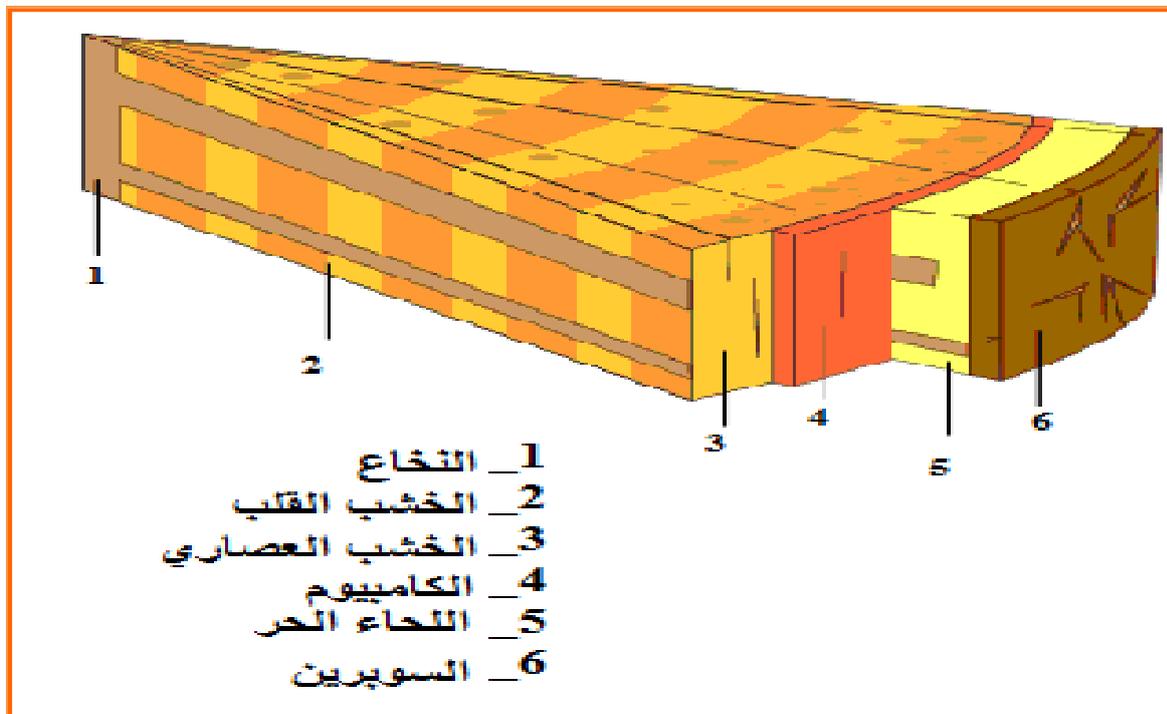
الشكل 2.I. مقاطع الخشب الثلاثة [2].

- الاتجاه المحوري: وهو اتجاه محور التماثل من الجذع. مقطع عمودي على هذا المحور هو مقطع عرضي أو "حبة نهاية" [2].
- الإتجاه الشعاعي: يتم تحديد الاتجاه الشعاعي وفقاً لنصف قطر دائرة المقطع العرضي للجذع. سيؤدي القطع الذي يتبع مستوى موازياً لهذا الاتجاه إلى ظهور "خشب على شبكة" أو "ربع" [2].
- الاتجاه المماسي: هو اتجاه الظل إلى الحلقة، تمثل الخشب الظهري [2].



الشكل 3.I. خطط مقاطع جذر شجرة.

الإتجاهات الثلاثة، المحورية (L) شعاعي (R) والمماسي (T)، هي إتجاهات متباينة للخشب [12-13].
يتيح المقطع العرضي لجذع الأشجار التمييز من الخارج نحو الداخل من اللحاء، التحرر، قاعدة توليد الخشب الحر أو الكامبيوم، والخشب أو الخشب الذي يشكل الجزء الأكبر من الشجرة [12].

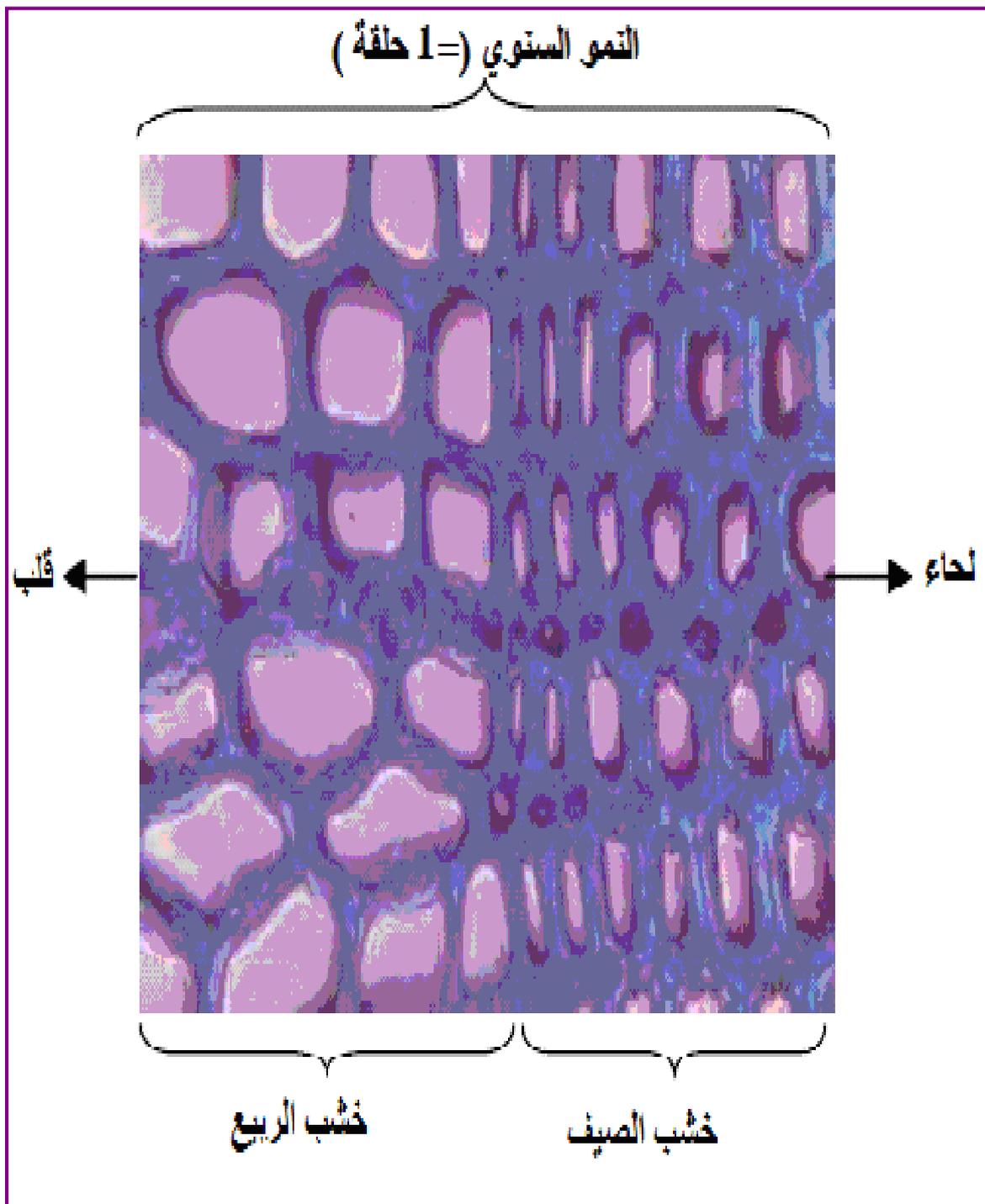


الشكل 4.I. مقطع عرضي لجذع الشجرة [14].

الطبقات الدائرية المختلفة من الخشب التي تنتقل من المركز إلى المحيط هي [14]:

- ✓ **النخاع:** الجزء الأكبر من الشجرة، هو ما تبقى من النسيج الأساسي. مهم في فئة الشباب، غالبًا ما يختفي مع تقدم العمر، تاركًا قناة صغيرة فقط. النخاع عبارة عن مجموعة من الأنسجة الإسفنجية التي تتطور مع تقدم العمر.
- ✓ **الخشب:** النسيج الثانوي المشدود، ويتألف من مناطق معتدلة من الحلقة. هناك مجالان:
 - **خشب القلب:** الكتلة الرئيسية من الجذع، وتشكيل "الخشب المثالي". يتكون من أقدم الهالات، وهو يتألف من خلايا ميتة، محشورة ومشبعة بالتانين أو الملونات اعتمادًا على الأنواع، ويتم تمييزها عمومًا عن خشب السابود بلون أغمق.
 - **الخشب العصاري:** طبقات متحدة المركز من الخلايا غير المصقولة، وتشكل خشبًا لا يزال "غير كامل". تشكلت من قبل الهالات الأكثر تواجدًا، وهي توزع العناصر الغذائية هناك. تتحول الهالات إلى خشب القلب بعد فترة من 4 إلى 20 عامًا.
- ✓ **اللحاء:** الجزء الخارجي، ويتألف من أجزاء مختلفة:
 - **كامبيوم:** ليفي وعائني: منطقة النمو أو النسيج الإنشائي، هو قاعدة توليد (بضع خلايا سميكة) التي تولد الخشب على الجانب الداخلي واللحاء الحر (اللحاء الثانوي) على الجانب الخارجي. الكامبيوم الليفي الوعائي ينتج أكثر من الخشب الحر.
 - **اللحاء الحر:** جزء داخلي و "حي" من اللحاء. يشتمل الخشب الحر على مجموعة من الأوعية التي يتم فيها تعميم النسغ. تموت خلايا اللحاء الحر عندما تفرق: تقشر اللحاء، وتسقط أو تنقسم طولياً.
 - **سويرين (أو الفلين):** الجزء الخارجي مع دور وقائي. هذا يحتوي على مادة غير منفذة ، "سويرين"، الذي يحمي الطبقات الداخلية.
- ✓ **النمو السنوي:** خشب الصيف وخشب الربيع.

بالتأكيد تنتج الكامبيوم خلايا الخشب واللحاء ولكن نشاطها موسمي. يبدأ النمو في أوائل الربيع، ويستمر في الصيف ويتوقف في الخريف والشتاء، حتى الربيع التالي. يسمى الجزء المنتج في الربيع بخشب الربيع أو الخشب الأولي والجزء الصيفي بالخشب الصيفي أو الخشب النهائي. خلال موسم النمو، تشكل الشجرة طبقة جديدة من الخشب بين الخشب الموجود واللحاء، في الجذع والفروع والجذور. تكون حلقات النمو السنوية، التي تسمى الحلقات، وكذلك مناطق خشب الربيع والصيف، مرئية بشكل عام في المقاطع العرضية للخشب [4].



الشكل 5.1 . المقطع العرضي للخشب الربيعي والصيفي في الزيادة السنوية [15].

إن عرض الحلقات وانتظامها والجزء الأكثر أو أقل أهمية من الخشب الأولي والخشب النهائي، مثل خشب القلب والخشب العصاري، لهما تأثير على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للخشب، وغني عن القول أن السلوك الحراري وفيزياء المواد الخشبية تعتمد أيضاً على هذه العوامل [2].

2.4.I. البنية المجهرية :

هناك عمومًا فنتان من الأشجار [16]:

➤ الأخشاب اللينة (عاريات البذور)

➤ الأخشاب الصلبة (كاسيات البذور).

الأخشاب الصلبة هي أشجار تنتج أوراقًا متطورة جيدًا ، على عكس الصنوبريات التي يتم تقليل شكل أوراقها إلى إبر.

تتميز المجموعتان الرئيسيتان من الأشجار بوضوح شديد على نطاق مجهري.

وتتكون البنية المجهرية للأخشاب الطرية من:

➤ الألياف السليلوزية الطولية أو القصبات الهوائية وهي تمثل الأخشاب غير المسامية (اللاوعائية).

وأما البنية المجهرية للأخشاب القاسية فتتكون من:

➤ الألياف السليلوزية الأوعية الربيعية والصيفية في حلقات النمو السنوية والخلايا البرانشيمية الأشعة الخشبية

المتكونة من طبقات كثيرة ومتعرجة وعريضة. وتسمى هذه الأخشاب بالمسامية (الوعائية) [3].

1.2.4.I. خريطة أشجار الخشب اللين والخشب الصلب :

الخشب اللين (الأخشاب اللينة) مع تشريح بسيط نسبيًا، يتكون أساسًا من خلايا طولية هو 95% من القصبات الهوائية

(خلايا ممدودة ذات نهايات مغلقة والتي تتواصل مع بعضها البعض ومع الخلايا المتناغمة المجاورة (احتياطي وملء

الأنسجة) عن طريق هالة تحدها.

تحتوي خشب القصب الربيعي على العديد من ثقب الهالة التي تسمح لها بتبادل المواد المختلفة. تحتوي الحوائط

الخشبية الصيفية على جدار أثن سمكة وأكثر.

توجد في بنية الصنوبريات أيضًا خلايا حمة في اتجاه محوري وشعاعي تسمح بتخزين العناصر الغذائية. أخيرًا، في

بعض الصنوبريات توجد قنوات راتنجية في الاتجاه المحوري، والشعاعي أو كليهما [13].

تتميز الأخشاب الصلبة بطائرة خشبية أكثر تمايزًا وتتكون من الأوعية والألياف الخشبية وخلايا الأنيمي.

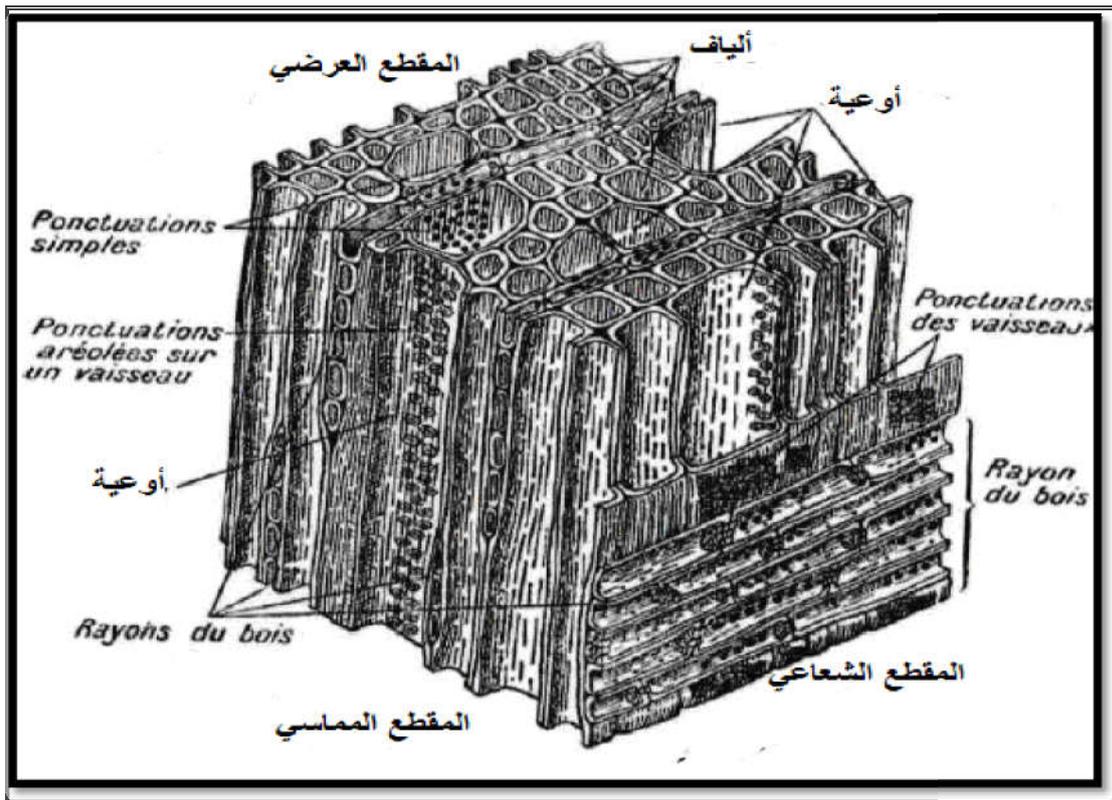
يتكون الجزء الأكبر من القماش من ألياف محورية الاتجاه لها وظيفة دعم. هذه الألياف لديها جدار أكثر سماكة. تختلف

سماكة الجدار حسب الأنواع، مما يمنح كل منهم كثافة محددة. السفن تؤدي وظيفة التوصيل في الأخشاب الصلبة. عندما

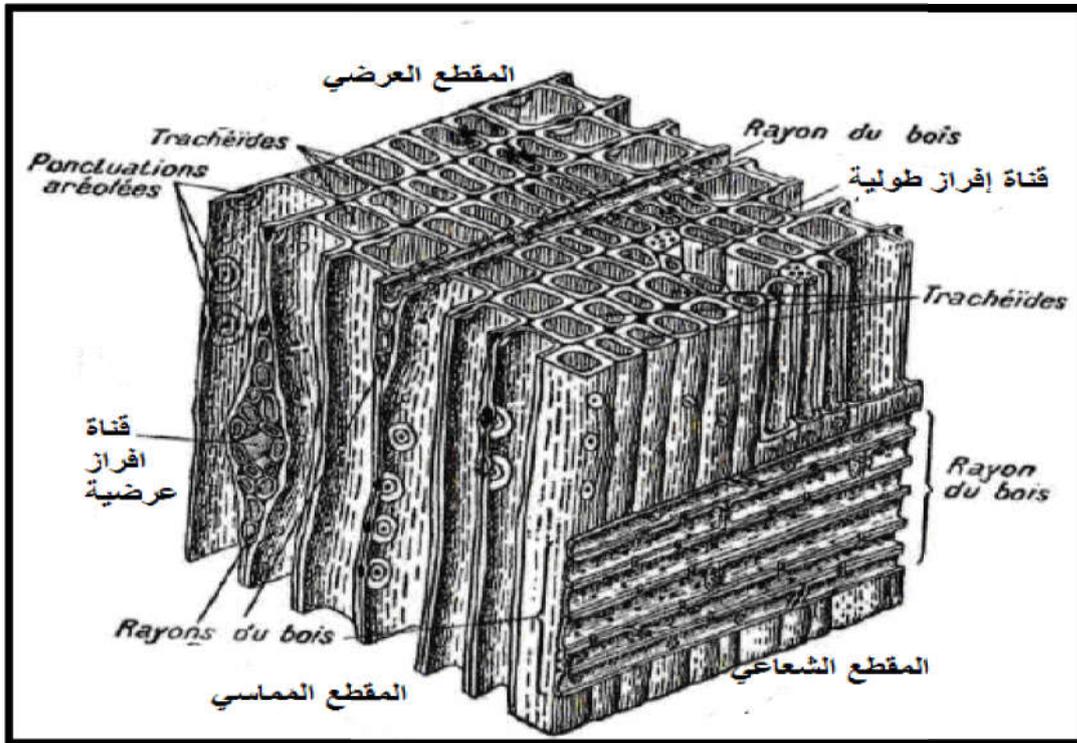
تكون هذه الأوعية بنفس الحجم تقريبًا ويتم توزيعها بشكل متجانس في الحلقة، فإننا نتحدث عن الخشب ذو المسام

المنتشرة؛ إذا كان هناك الكثير منهم على حافة دائرة الطوق، فإن هذا يسمى الخشب مع منطقة أولية يسهل اختراقها. هنا

أيضًا، تؤدي الخلايا المحورية والشعاعية في الحمة وظيفة تخزين العناصر الغذائية [13-17].



الشكل I.6. خريطة خشبية نموذجية للصنوبريات.

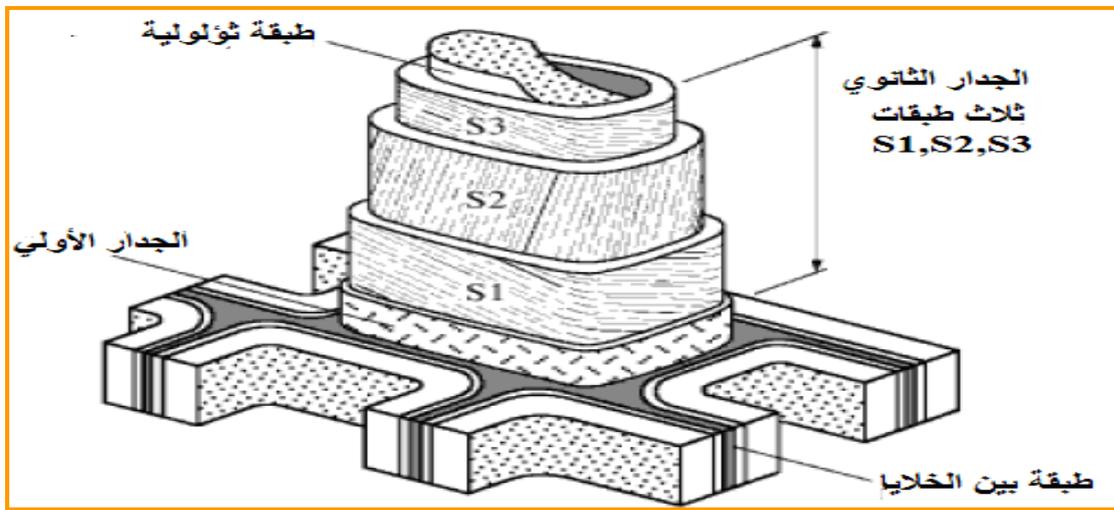


الشكل I.7. خريطة خشبية نموذجية للخشب الصلب [18].

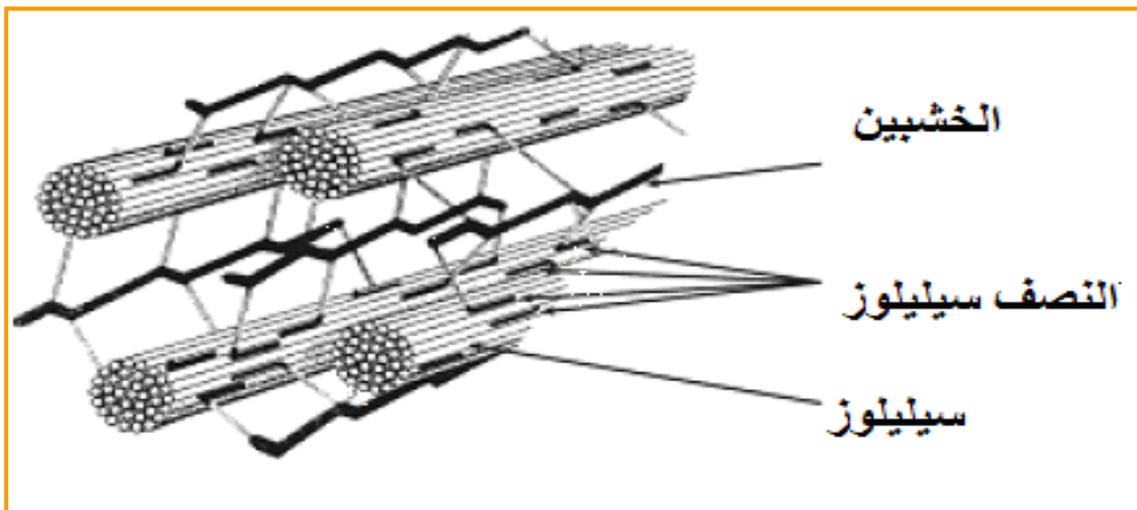
2.2.4.I. البنية التحتية للخشب :

عندما تموت الخلايا، تبقى جدران الخلية فقط، والتي تشكل المواد الخشبية. سواء كانت الخشب اللين أو الخلايا الخشبية ذات الأوراق العريضة، لها جدار أولي وجدار ثانوي، يتكون من ثلاث طبقات فرعية و مترابطة بواسطة الطبقة الوسطى [3].

الجدار الخلوي للخشب متعدد الطبقات. لها أساساً طبقة ما بين الخلايا، وجدار أولي وجدار ثانوي (الشكل 8.I)، وكل طبقة عبارة عن وسيط مركب يتكون من خيوط السليلوز (ميكروفبيريل) مختومة في مصفوفة من الخشبين والنصف سليلوز (الشكل 9.I).



الشكل 8. I. تمثيل تخطيطي للطبقات المختلفة لجدار الخلية [19].



الشكل 9. I. التمثيل التخطيطي لتنظيم البوليمرات في ألياف الخشب [3].

أ. طبقة بين الخلايا :

تظهر الطبقة بين الخلايا بعد انقسام الخلية الأم. سمكها يتراوح بين 0.5 و 1.5 ميكرون. تتيح هذه الطبقة ربط الخلايا ببعضها البعض، فهي تحتوي على كمية كبيرة من الخشبيين. إذا عبرت بعض الألياف الليفية المعزولة هذه الطبقة، يمكن مع ذلك اعتبار النسبة المثوية للسليولوز التي لا يمكن إغفالها [13-20].

ب. الجدار الأساسي:

يبلغ سمك هذا الجدار الرفيع حوالي 0.1 ميكرون. مثل الطبقة الخلوية، فإنه يحتوي على كمية كبيرة من الخشبيين. كما أنه يحتوي على الألياف السليولوز المتشابكة الصغرى، وتشكيل شبكة يسهل اختراقها. غالباً ما يكون من الصعب التمييز بين الجدار الأساسي والطبقة الخلوية [21].

ج. الجدار الثانوي:

يتكون هذا الجدار أساساً من ألياف مجهرية من السليولوز تتماشى مع بعضها البعض ويتم ترتيبها في اللولب. اعتماداً على اتجاه الألياف الدقيقة، هناك ثلاث طبقات فرعية يمكن تمييزها [21]:

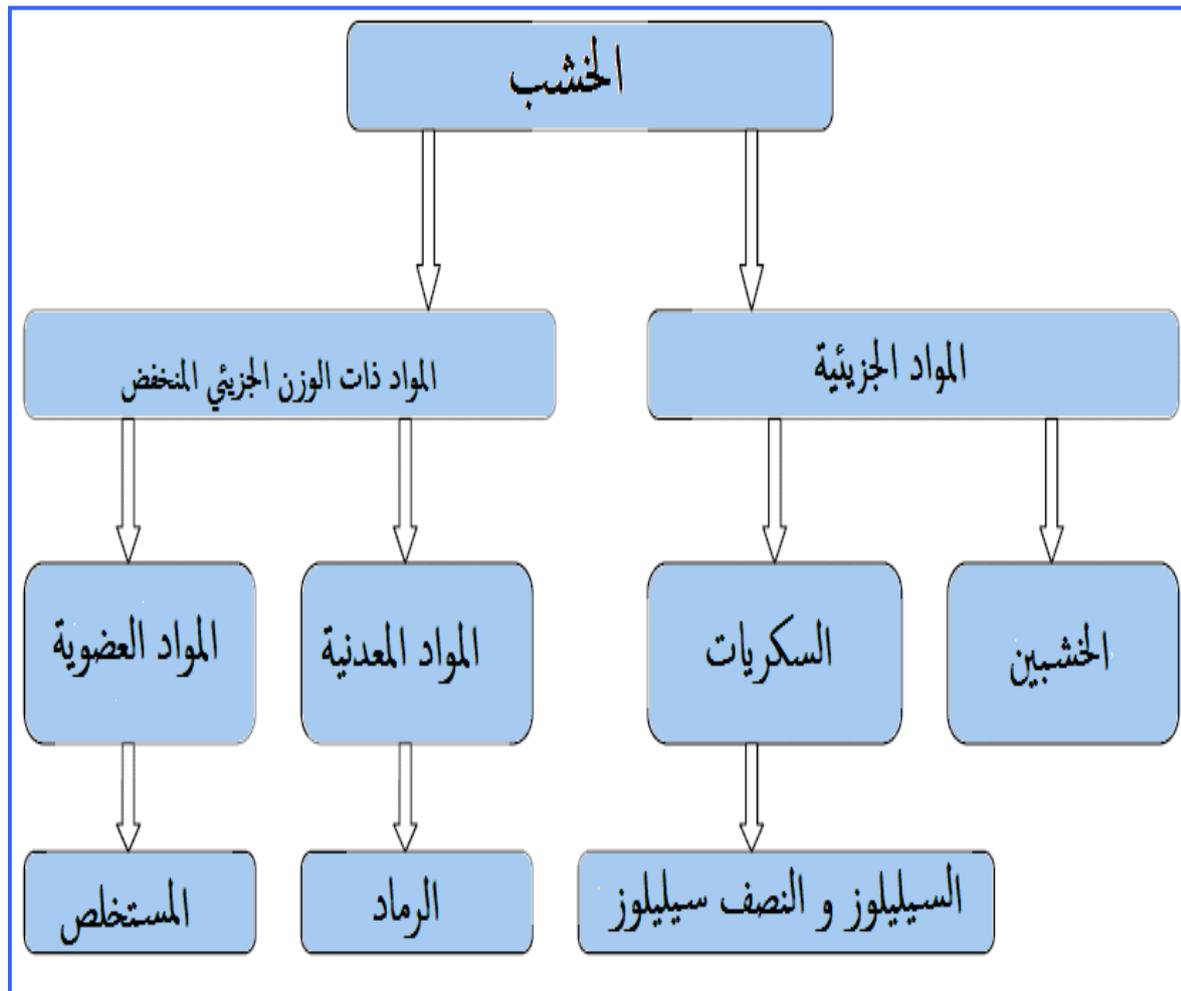
- تتكون الطبقة S1 من ألياف مجهرية متقاطعة، بزوايا تتراوح بين 60° و 80° بالنسبة إلى محور الخلية. يمكن اعتبار هيكلها صفائحياً (من 3 إلى 6 صفائح) ويختلف سمكها بين 0.1 و 0.35 ميكرون.
- تشكل الطبقة S2 الجزء الأكثر كثافة من الجدار. وهي تتألف من ألياف دقيقة حلزونية تشكل زاوية من 5° إلى 50° بالنسبة إلى محور الخلية. تتراوح هذه الزاوية في خلايا خشب الربيع ما بين 30° و 50° ، وفي خلايا خشب الصيف ما بين 5° و 30° . يتراوح سمك الطبقة S2 بين 1 و 10 ميكرون؛ يمثل 15 إلى 85% من إجمالي سماكة الطبقة.
- الطبقة S3 رقيقة نسبياً. سمكها يتراوح بين 0.5 و 1.1 ميكرون. وهي مكونة من الألياف الدقيقة التي يتراوح اتجاهها بين 60° و 90° بالنسبة إلى محور الخلية.

تحتوي كل من هذه الطبقات الثلاث أيضاً على الخشبيين والنصف سيليلوز [13-17].

5.1. التركيب الكيميائي للخشب :

كيميائياً، يتكون الخشب دائماً من 50% كربون، 42% أكسجين، 6% هيدروجين، 1% نيتروجين و 1% عناصر مختلفة [7].

يتكون الخشب بشكل أساسي من مواد جزيئية كبيرة (السليولوز، النصف سيليلوز والخشبيين) ، مما يشكل شبكة معقدة تضم مواد أخرى ذات وزن جزيئي أقل، وهي المستخلصات العضوية بطبيعتها (مثل العفص، الراتنجات والشموع وما إلى ذلك) والمواد المعدنية (الرماد) [3].



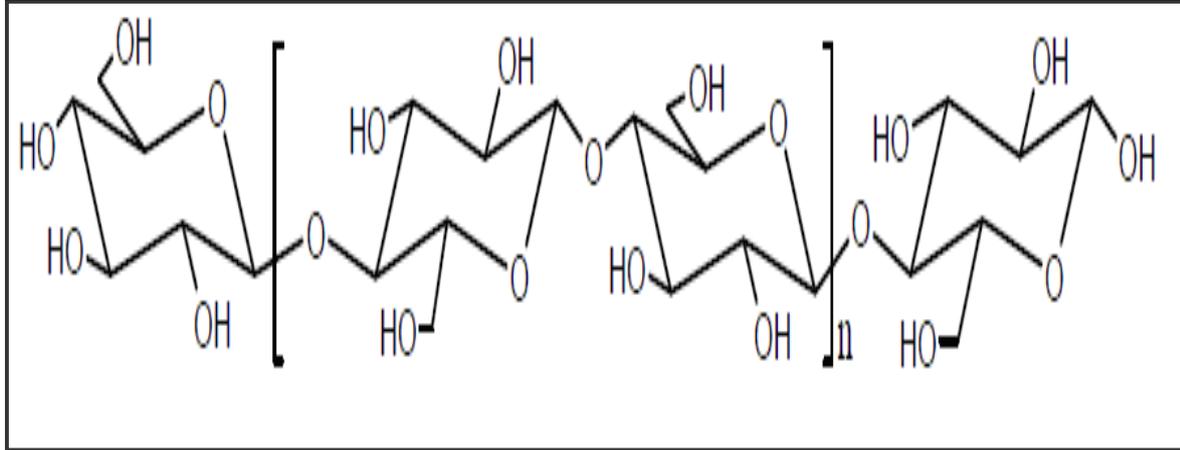
الشكل 10.I. التمثيل التخطيطي للمكونات الكيميائية للخشب [22].

يتم عرض توزيع هذه البوليمرات الثنائية الثلاثة بالإضافة إلى المستخلصات في (الجدول 01.I).
جدول 01.I. متوسط توزيع (%) حسب الكتلة) من المركبات المختلفة في الخشب الصلب [3].

المكونات (%)	الصنوبر	الخشب الصلب
سيليلوز	42±2	45±2
نصف السيليلوز	27±2	30±5
الخشيبين	28±3	20±4
المستخلص	3±2	5±3

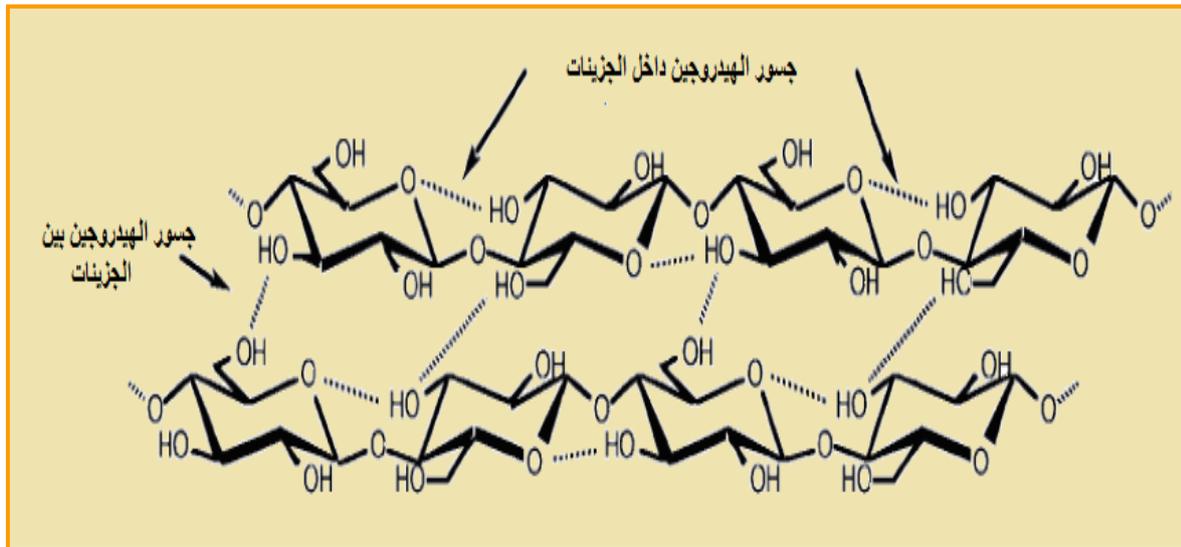
1.5.I. السليلوز:

السليلوز هو المكون الهيكلي الرئيسي لجدران الخلايا النباتية، وهو عبارة عن بوليميرات متجانسة، الوحدة الأساسية منها هي الجلوكوز، أو على نحو أدق مخفف الجلوكوز، السيلوبوز. ترتبط الوحدات مع بعضها البعض بواسطة روابط غليكوزيدات (الشكل 11.I). يمكن أن تصل درجة البلمرة (في الجلوكوز) إلى 15000 [4-23].

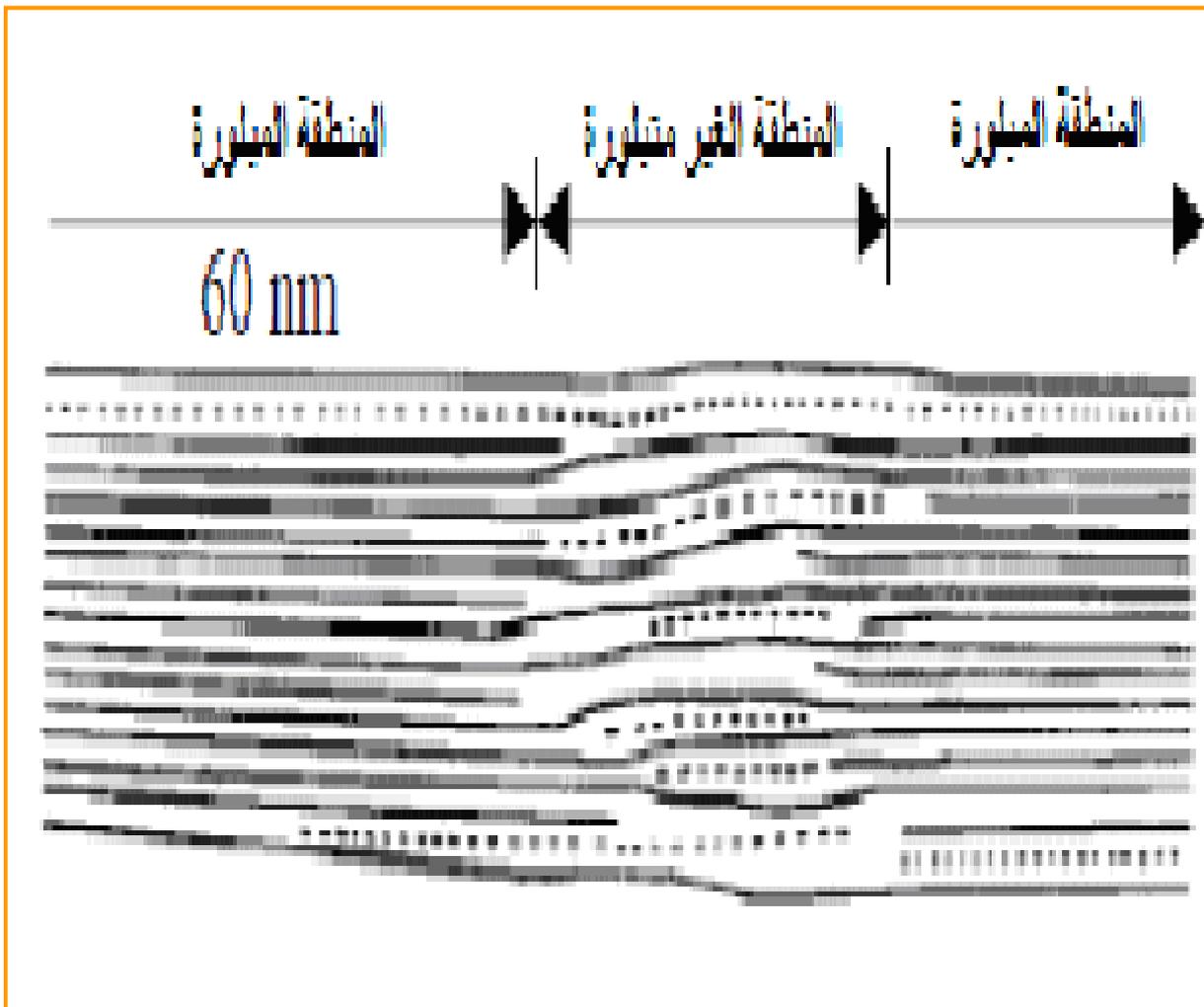


الشكل 11.I. الصيغة الكيميائية للسليلوز.

في الخشب، ترتبط السلاسل الجزيئية للسليلوز ببعضها البعض عن طريق روابط الهيدروجين داخل الجزيئات (الشكل 12.I)، وتشكل حزمًا تسمى ميكروفيليس. هذه الألياف الدقيقة لها مناطق بلورية ومناطق غير متبلورة (الشكل 13.I). درجة بلورة السليلوز الخشب حوالي 60% إلى 70%.



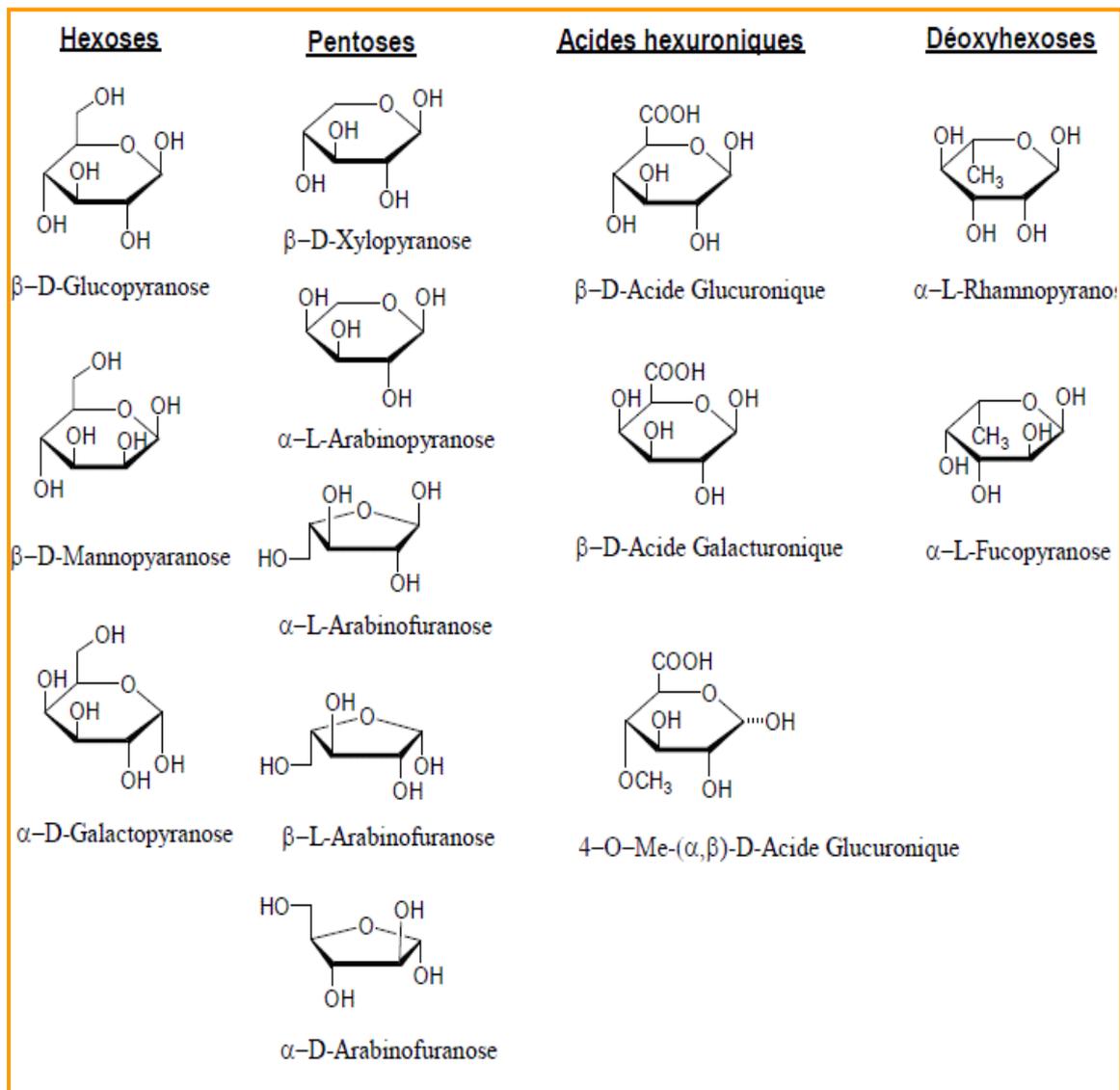
الشكل 12.I. جسور الهيدروجين بين الجزيئات و ضمن الجزيئات بين اثنين من الجزيئات الكبيرة المجاورة للسليلوز [24].



الشكل 13.I. المناطق البلورية وغير المتبلورة في الألياف الدقيقة للسليولوز [24].

2.5.I. النصف لسيليلوز :

عبارة عن بوليمرات كبيرة (متفرعة)، ذات صيغ متغيرة للغاية. على عكس السليولوز، تتميز بسلاسل جزيئية أقصر بكثير، ووزن جزيئي منخفض للغاية، مع فروع على السلسلة الرئيسية تتكون من نوع واحد أو أكثر من الوحدات، وهيكل غير متبلور. بسبب هذه النقطة الأخيرة، يكون تفاعلها الكيميائي أكبر، موضحة معدل التحلل العالي خلال الانحلال الحراري للخشب [3]. سلسلة النصف سيليلوز مبنية على أساس وحدات سكر مختلفة موزعة بطريقة عشوائية إلى حد ما. تم وردها عن بنية وحدات السكر المختلفة الموجودة في السيليلوز في (الشكل 14.I).



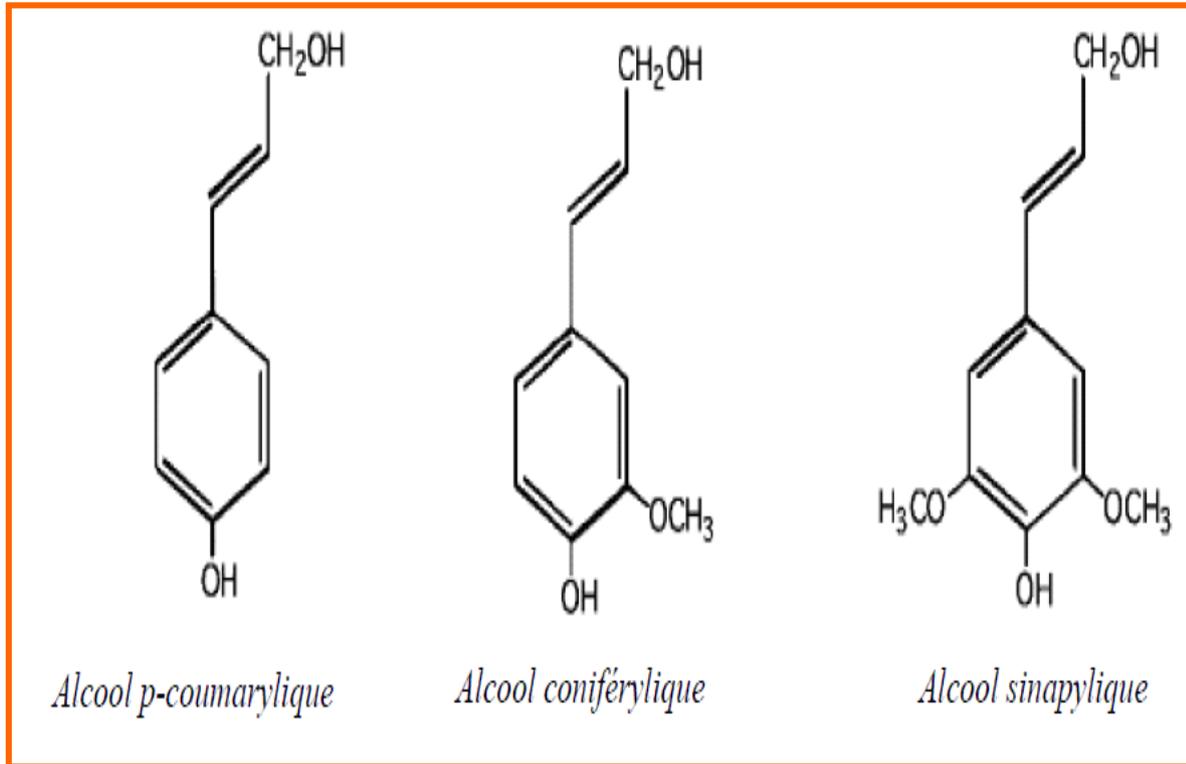
الشكل 14.I. وحدات بسيطة تشكل النصف سيليلوز [25].

تحتوي النصف سيليلوز على أكثر من 200 نوع من السكريات المختلفة. تختلف طبيعة و نسبة النصف سيليلوز بشكل ملحوظ بين الأنواع، وهي عامل سيكون له دور حاسم في سلوك الخشب أثناء المعالجة الحرارية. يعتبر النصف سيليلوز في الأخشاب الصلبة غير المتجانسة أكثر من تلك الموجودة في الصنوبريات.

3.5.I. الخشبين:

الخشبين هو المادة العضوية الأكثر وفرة في النباتات. يختلف كيميائياً جدا عن السليلوز و النصف سيليلوز. إنه بوليمر ثلاثي الأبعاد وغير متبلور و فينولي، والذي يضمن صلابة جدار الخلية. في الخشب، يتم تصنيع الخشبين بطريقة حيوية من ثلاثة كحول فينولي: كحوليات p-coumaryl، coniferyl و sinapylic (الشكل 15.I). تؤدي بلمرة هذه الكحوليات الثلاثة على التوالي إلى ثلاثة أنواع من الوحدات في الخشبين: S syringyle، G guaïacyle، H parahydroxyphényle. ثم يتم التمييز بين الخشبين من الأخشاب اللينة

والخشب الصلب حسب محتواها من وحدات G و S و H (أساسًا G في الأخشاب اللينة و G-S في الأخشاب الصلبة).
تباين التركيبة أكبر في الأخشاب الصلبة ، ويتراوح محتوى وحدات G-S بين 20% و 60%.



الشكل 15.I. سلانف من الخشبيين الحيوي [25].

4.5.I. المستخلص:

المستخلصات هي جزيئات يمكن استخلاصها من الخشب عن طريق المذيبات القطبية (الأسيتون، الماء، الإيثانول) أو المذيبات غير القطبية (التولوين، سيكلوهكسان، ثنائي كلورو الميثان). محتوى وتكوين هذه مقتطفات تختلف اختلافا كبيرا من نوع إلى آخر.

هناك ثلاثة أنواع من المواد القابلة للإستخراج: terpenoids (الميرسين، والليمونين، والبينين، وما إلى ذلك) والبوليفينول (العصم المكثفة وغير القابلة للتحلل، والفلافونويدات، والتروبولونات، والسيتيلون، والكينونيل، وما إلى ذلك) والمركبات الأليفاتية (الأحماض الدهنية المشبعة وغير المشبعة ، والدهون الثلاثية...).

على الرغم من أنها لا تمثل سوى نسبة مئوية صغيرة، إلا أن الرائحة واللون ومقاومة العوامل البيولوجية تعتمد إلى حد كبير عليها [13-23].

5.5.I. الرماد:

هذه هي البقايا المعدنية التي تم الحصول عليها بعد احتراق الخشب في درجة حرارة عالية. إنها تمثل عمومًا أقل من 1% من الكتلة الجافة للخشب في المناطق المعتدلة ، وغالبًا ما تكون هذه النسبة أعلى في المناطق المدارية [4].

6.I. أنواع الأخشاب:

هناك نوعان تقريباً من أنواع الأخشاب:

✓ الأخشاب الصلبة

ويتم إنتاجه من أشجار كاسيات البذور، والأخشاب الصلبة متينة، وتوفر كثافة جيدة، وتكون صلبة ومستقرة. في هذه الفئة، نجد أيضاً أنواعاً استوائية كثيفة وصعبة للغاية وطويلة العمر [26].

تنمو الأخشاب الصلبة في المناطق شبه الاستوائية مثل إفريقيا وأيضاً في أوروبا ومناطق أخرى مثل آسيا. يتم استخدامها في مجموعة واسعة من التطبيقات، بما في ذلك البناء والنجارة والأرضيات والأدوات [27].

أنواع الأخشاب الصلبة أكثر تنوعاً من الأخشاب اللينة.

✓ الأخشاب اللينة

الخشب اللين عبارة عن خشب مصنوع من أشجار خشب عاريات البذور (السنوبرية)، وعادة ما تكون الأخشاب اللينة أخف جداً من الأخشاب الصلبة [26]. إنها تنمو بشكل أسرع وبالتالي فهي أرخص. تعتبر الأخشاب اللينة مصدر ما يقرب من 80% من إنتاج الخشب العالمي، مع مراكز الإنتاج التقليدية مثل منطقة البلطيق (بما في ذلك الدول الاسكندنافية وروسيا)، وأمريكا الشمالية والصين. الأخشاب اللينة تحتل مكانة بارزة في البناء الحديث. وهي متوفرة بكميات كبيرة [28].

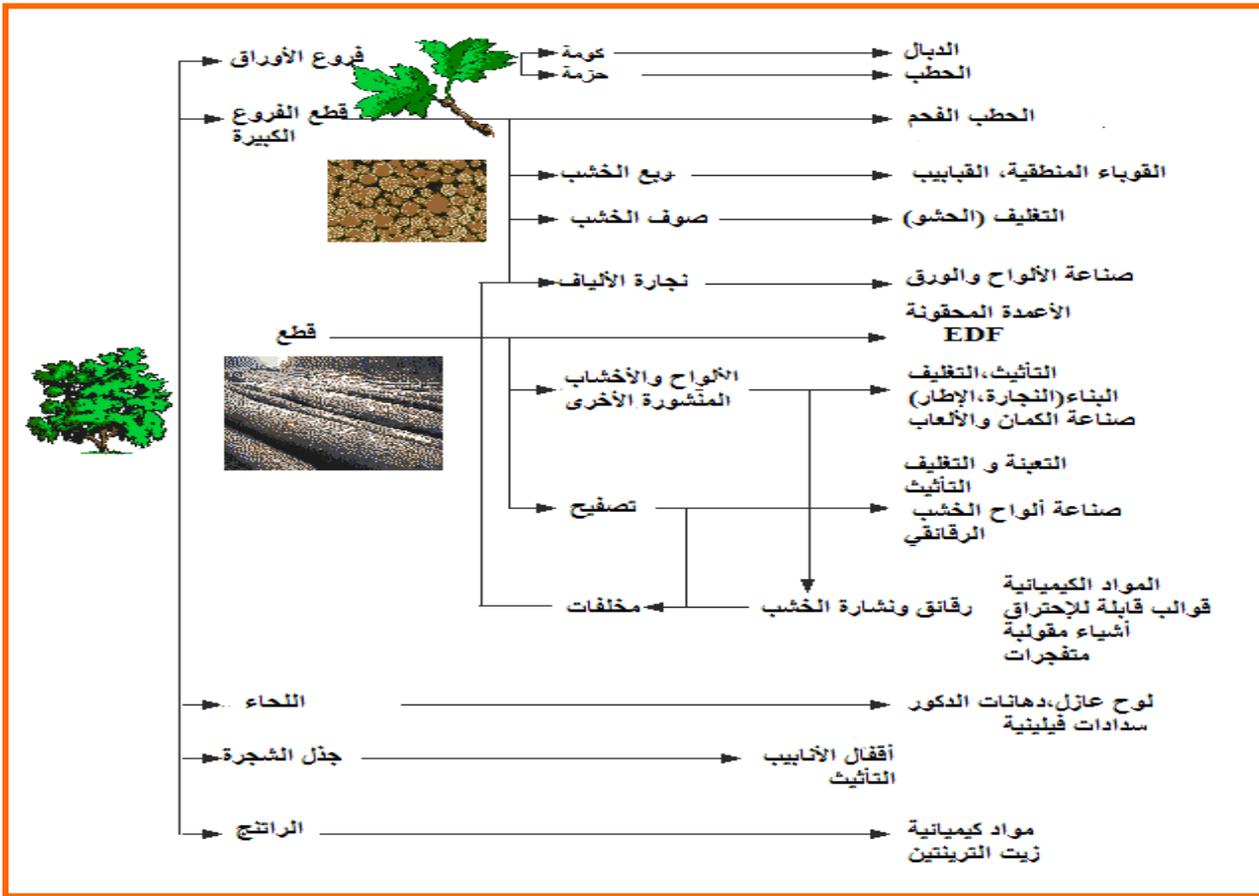
من بين أكثر أنواع الأخشاب اللينة شهرة التي نوردها إلى الخشب الأحمر، هناك نوعان من شجرة التنوب والسنوبر، أكثر الأنواع الشائعة وهما الخشب الأبيض والخشب الأحمر [28].

تجدر الإشارة إلى أن الأخشاب اللينة ليست بالضرورة أنعم من الأخشاب الصلبة. في كلا المجموعتين، هناك تباين كبير في الصلابة الفعلية للخشب؛ بعض الأخشاب الصلبة أكثر ليونة من العديد من الأخشاب اللينة. ومع ذلك، فإن أصعب الأخشاب الصلبة أصعب بكثير من أي خشب لين.

7.I. الاستخدامات الرئيسية للخشب :

الخشب عبارة عن مادة تقوم صناعات المعالجة الأولية بتعديلها وإحضارها بأشكال متعددة: الخشب المنشور، الشرائح المرفقة، الألواح، الدعامات كمادة، يتم استخدام الخشب إما مباشرة كمواد خام على سبيل المثال لتصنيع عناصر نجارة والأثاث والتغليف أو لإنتاج المواد المشتقة مثل ألواح الجسيمات والخشب الرقائقي. مجموعة كبيرة ومتنوعة من

الأخشاب، مع خصائص وجوانب مختلفة، تسمح بالعديد من الاستخدامات في ذخيرة متعددة من البيئة البشرية [29]. و يستخدم الخشب أساساً كوقود لإشعال النار ومنه تم تصنيع الفحم النباتي الذي يستخدم كوقود أيضاً. كما استخدم الخشب قديماً في صناعة السفن والأسلحة والمنازل والعربات حتى أن أول الدراجات كانت خشبية و الآلات الزراعية وحتى الأحذية وحديثاً لصناعة الأثاث والمنازل والأرضيات. إلخ [1].



الشكل 16.I. رسم تخطيطي يوضح بطريقة مختلفة الاستخدامات المختلفة للخشب.

8.I. خصائص الخشب :

✓ فيزيائية :

يتأثر هيكل الخشب بالماء الذي يتخلل إلى حد ما الخشب، والذي يعمل على اتساقه وتورمه. ويرجع ذلك إلى الطبيعة المحبة للماء للمادة التي تشكل أساساً (السليولوز).

- مستوى الرطوبة: خلال قطعه، يمكن أن يحتوي الخشب الأخضر على أكثر من 100% من الماء. منغمسين، يمكن للخشب الوصول إلى محتوى بنسبة 200% بعد وقت معين.
- الكثافة والصلابة: تكون جدران الخلايا أكثر سماكة أو أقل، وتكون الأنوار بقطر أكبر أو أقل، حسب الأنواع ومعدل نموها [31].

✓ كيميائية :

كيميائياً، يتكون الخشب دائماً تقريباً من 50% من الكربون، 42% من الأوكسجين، 6% من الهيدروجين، 1% من النيتروجين و 1% من المواد المعدنية (الموجودة في الرماد). في البيئة الحمضية، تبدأ الأخشاب في التدهور إلى درجة الحموضة $pH \leq 2$ (تبدأ الخرسانة والفولاذ في درجة الحموضة $pH \leq 4$)

9.I الخاتمة :

تشكل النفايات الصناعية حالياً مشكلات صعبة. أصبح استرداد المواد المحلية الآن حلاً ضرورياً للمشاكل الاقتصادية للبلدان، ولا سيما البلدان النامية [31].

من بين نفاياتها، ستهتم بشكل خاص بنشارة الخشب أو النشارة الخشبية أو المعالجة كيميائياً، من أنواع مختلفة من الأشجار، وقد كان موضوع العديد من الدراسات حول قدرتها على إصلاح مختلف الملوثات الموجودة في مياه الصرف. ومع ذلك، فإن تثمين نشارة الخشب كدعم ترشيح أو ماصة في تنقية المياه الملوثة، يتطلب معرفة بنية المادة وملسها [32]، قدرة نشارة الخشب على إصلاح الممتز الملوثات، يمكن تحسينها بشكل كبير عن طريق تعريضها للمعالجة الكيميائية.

المراجع الببليوغرافية

[1]	R. Bruce Hoadley, (2000.)Understanding Wood: A Craftsman's Guide to Wood Technology. Taunton Press. ISBN,1-56158-358-8.
[2]	C. Mounir, Effet de l'intensité du traitement sur la composition élémentaire et la durabilité du bois traité thermiquement : développement d'un marqueur de prédiction de la résistance aux champignons basidiomycètes ; l'Université Henri Poincaré ; Spécialité : sciences du bois et des fibres, le 11 Avril 2011.
[3]	H. M. Lamine, « effet de l'humidité sur les caractéristiques thermiques et mécaniques de matériaux utilisés dans la construction », université Mentouri de Constantine, faculté des sciences exactes département de physique. Constantine ,2010.
[4]	J. Mohamed, « fonctionnalisation chimique du bois par trans estérification des esters d'enols », Université Bordeaux 1, école doctorale des sciences chimiques, 2009.
[5]	S. Benyoucef, Dj. Harrache, Caractérisation de la microstructure de sciure de bois de pin sylvestre "Pinussylvestris"[Microstructure characterization of scotspine "Pinus sylvestris" sawdust], J. Mater. Environ. Sci. 6 (3) (2015) 765- 772, Laboratoire de Matière Condensée et développement durable, faculté des sciences exactes, Université Djilali Liabes, Sidi Bel Abbes. Algérie 2015.
[6]	A. J. Panshin., De Zeeuw C., 4th ed. McGraw-Hill. New York. (1980).
[7]	S. Bouzid, Cours de biologie végétale pour L1. Université les Frères Mentouri Constantine 1.
[8]	http://www.cifq.com/jeunesse/bois1.php
[9]	TP Bois EPFL, école polytechnique fédérale de Lausanne au laboratoire de matériaux de construction en suisse en 2010.
[10]	A. Djihad « Synthèse de charbon actif à partir des déchets de bois dattier », Filière de Chimie Spécialité: Chimie fondamental et appliqué ,2016.
[11]	A. Florence, contribution à l'étude des traitements thermiques du bois jusqu'à 300C° : transformations chimiques et caractérisations physico-chimiques, l'école nationale supérieure des mines de paris et de l'école nationale supérieure des mines de Saint-Etienne, (Spécialité: Energétique), soutenue à Saint-Etienne le 29 octobre 1993.
[12]	A.B. Oladipo, I.S Wichman, Experimental investigation of the thermal properties of

	woodfiber/thermoplastic composites. J. Compos. Mater., 33(5), 480-495, 1999
[13]	E.Samios, R.Dart, R.Dawkins, «Preparation, characterization and biodegradation studies on cellulose acetates with varying degrees of substitution» ,Polymer,1997. 38(12), 3045-3054. 1991.
[14]	Hazard, <i>Barrette et Meyer</i> 1996, p. 24
[15]	M.Blali. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme Magistère Spécialité:Construction Mécanique.
[16]	C.Yona, A. Maxime, Étude de la microstructure des composites bois/ciment par relaxométrie RMN du proton, Spécialité : sciences du bois, thèse en cotutelle entre l'université Bordeaux1 et l'école doctorale des sciences physiques et de l'ingénieur et l'université de Yaoundé I, le 17 Juillet 2009.
[17]	A.K. Bledzki,S. Reihmane,J. Gassan, Thermoplastics reinforced with wood fillers: aliterature review. Polym Plast Technol Eng;37(4):451-68 1998.
[18]	PUF, 1959. Contacter le vendeur. Etat : Assez bon. N° de réf. du vendeur TGL2-691-60987
[19]	B Stamm, J Natterer, P Navi - Holz als Roh-und Werkstoff, 2005.
[20]	N. Quelenis, Les Matériaux Composites à Base fibres Végétales, on ligne: consulté le: 12/ 01/ 2011.
[21]	M.Younes, Structure microscopique du bois, Université d'Annaba Faculté des sciences de l'ingénieur Département de Génie Mécanique, 2-11p .
[22]	J.-P Haluk.1994.Composition chimique du bois. In : Jodin P. (éd.). Le bois, matériau d'ingénierie. Nancy, France, Arbolor, 53-88.
[23]	R. Rowell, «Chemical modification of wood», In: Hon, D. N.-S. and Shiraishi, N. (Eds.), <i>Handbook on Wood and Cellulosic Materials</i> . Marcel Dekker, New York, pp. 703-756.1999.
[24]	Navi P., Heger F.(2005) Comportement thermo-hydromécanique du bois, Edition Presses. polytechniques et universitaires romandes CH-1015 Lausanne.
[25]	Fengel, D. and Wegener, G. (1989) Wood—Chemistry, Ultrastructure, Reactions. 2nd Edition, Walter de Gruyter, Berlin.
[26]	http://www.xyladecor.be/fr/conseil-et-astuces/types-de-bois .
[27]	S.Tatjana et D .Perrin,livre chimie du bois,CH 1015 Laussane.Presses polytechniques et universitaires romandes 2009.

[28]	Le site officielle de l'entreprise Lalliard .
[29]	J.Natterer , Thomas Herzog et Michael Volz (trad . de l'allemand) , Construire en bois 2, Lausanne, Presses polytechniques et universitaires romandes 1994, 361p .
[30]	Paul Jean Rochette, Le bois : sa structure, ses propriétés, ses utilisations, Éditions Dunod, 1964.
[31]	W.Khelifi et R.Belouettar Influence de la nature des copeaux de bois sur les caractéristiques physiques et mécaniques des bétons à base de copeaux de bois. , Laboratoire de génie civil, Université BADJI Mokhtar PB 12,-Annaba- 23000 Algérie.
[33]	J. M. Cases, F.Villiéras, L.Michot , Académie des Sciences. Paris. Sciences de la Terre et des Planètes/Earth and Planetary Sciences. 331 763 – 773 (2000).

الفصل الثاني :

الإمتزاز

الإمتزاز

1.II. مدخل :

تخضع الجزيئات أو الأيونات أو الذرات التي تشكل سطح مادة صلبة لقوى غير متماثلة مما يؤدي إلى حقل قوة جاذبة، هذا المجال له نطاق محدود من رتبة 10° ، لكنها كافية لجذب جزيئات الغاز أو السائل الموجودة في المنطقة المجاورة مباشرة القوى التي تسبب تثبيت جزيئات على السطح، وتسمى هذه الظاهرة الإمتزاز [1]. الإمتزاز هو ظاهرة سطحية ترتبط بها ذرات أو جزيئات السائل (الممتزات) بسطح صلب (ممتز) وفقاً لعمليات مختلفة أكثر أو أقل كثافة وذلك بفضل التفاعلات الفيزيائية و/أو الكيميائية [2]. الإمتزاز هو واحد من التقنيات التي يتم تبنيها بشكل متكرر اليوم لمعالجة مياه الفضلات الصناعية والسائلة. يعتمد مبدأها على الخاصية التي بها تثبت المواد الصلبة ملوثات معينة على أسطحها [3].

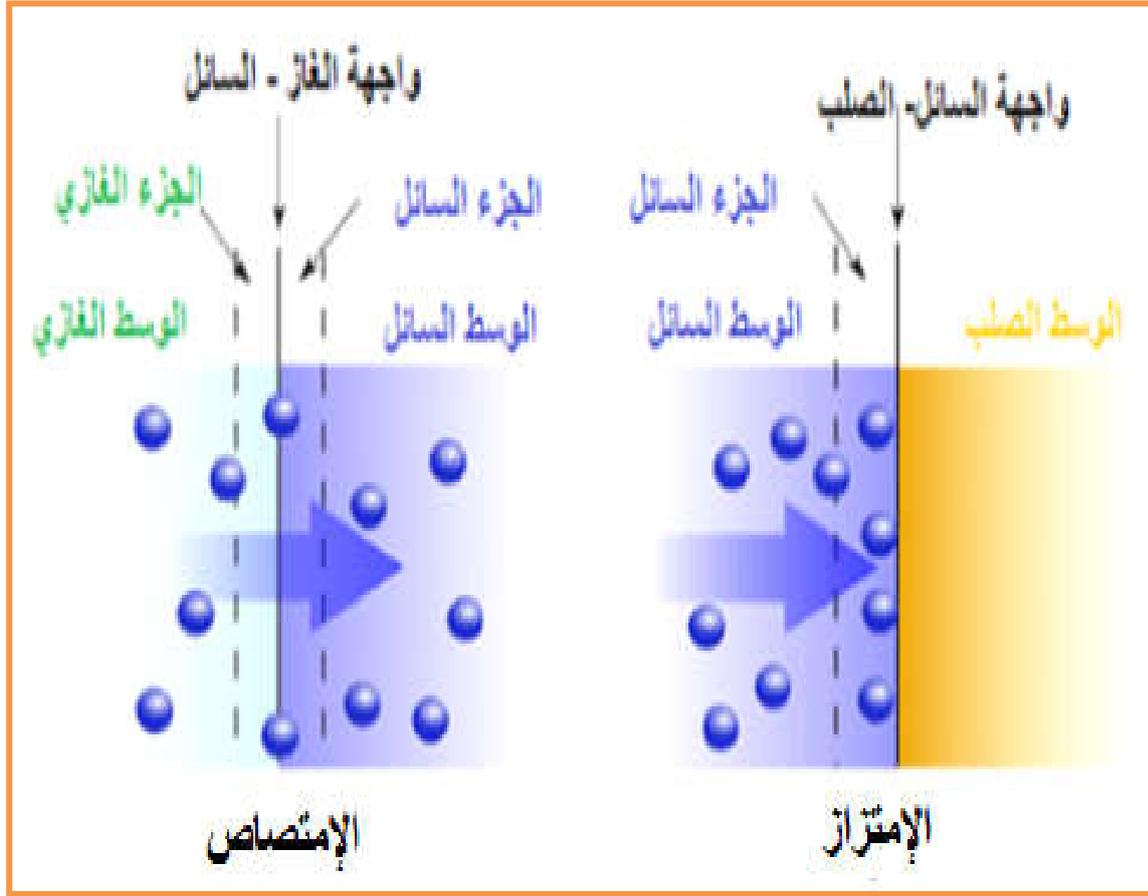
2.II. عموميات :

تم تقديم العديد من التعريفات بواسطة مؤلفين مختلفين، وأكثرها شيوعاً هي :

- الإمتزاز هو ظاهرة تخص السطح، والتي يمكن أن تحدث بين صلب وغاز أو بين صلب وسائل [4].
- الإمتزاز هو واحد من أساليب الفصل الأكثر أهمية. يستخدم على نطاق واسع للفصل وتنقية الغازات والسوائل في مجموعة واسعة من المجالات، من الصناعات البترولية، البتروكيماويات والكيميائية، للتطبيقات البيئية والصيدلانية.
- الإمتزاز هو ظاهرة فيزيائية كيميائية، يمكن أن يعرف بأنه ظاهرة تثبيت الذرات أو الجزيئات على سطح قوي من قبل قوى التفاعل الضعيفة مثل Van der Waals. لذلك الإمتزاز هو العملية التي تكون فيها جزيئات بالسائل (غاز أو السائل)، ويدعى الممتز، يتم تثبيتها على سطح مادة صلبة، ويدعى الممتزات [5].
- بشكل عام، يتم تعريف الإمتزاز كعملية تؤدي إلى صافي تراكم مادة في واجهة بين مرحلتين [6].

3.II. تعريف الإمتزاز:

الإمتزاز (لا يجب الخلط بينه وبين الإمتصاص)، هو ظاهرة فيزيائية كيميائية (سطحية) يتم من خلالها تثبيت ذرات أو جزيئات الغازات أو السوائل على سطح صلب وفقاً لتفاعلات مختلفة أكثر أو أقل كثافة مثل تفاعلات فان دير والس (Van der Waals) أو تفاعلات ثنائية القطب. تسمى المادة التي ترتبط بالممتز، والمادة الصلبة التي هي مقر الإمتزاز تسمى المادة الممتزة. هذه الظاهرة عفوية تأتي من وجود قوى غير معوضة على سطح المادة الماصة [7]. هذه القوى هي ذات طبيعة فيزيائية أو كيميائية التي تؤدي على التوالي إلى نوعين من الإمتزاز: الإمتزاز الكيميائي و الإمتزاز الفيزيائي ((الشكل 1.II) يوضح جيداً ظاهرة الإمتزاز). الظاهرة المعاكسة، التي تمتزج بها الجزيئات على سطح ما، خاصة تحت تأثير الارتفاع في درجة الحرارة، أو انخفاض الضغط تسمى الإمتزاز [8].



الشكل 1.II. رسم توضيحي لطواهر الإمتزاز: الإمتزاز والإمتصاص.

4.II. أنواع الامتزاز :

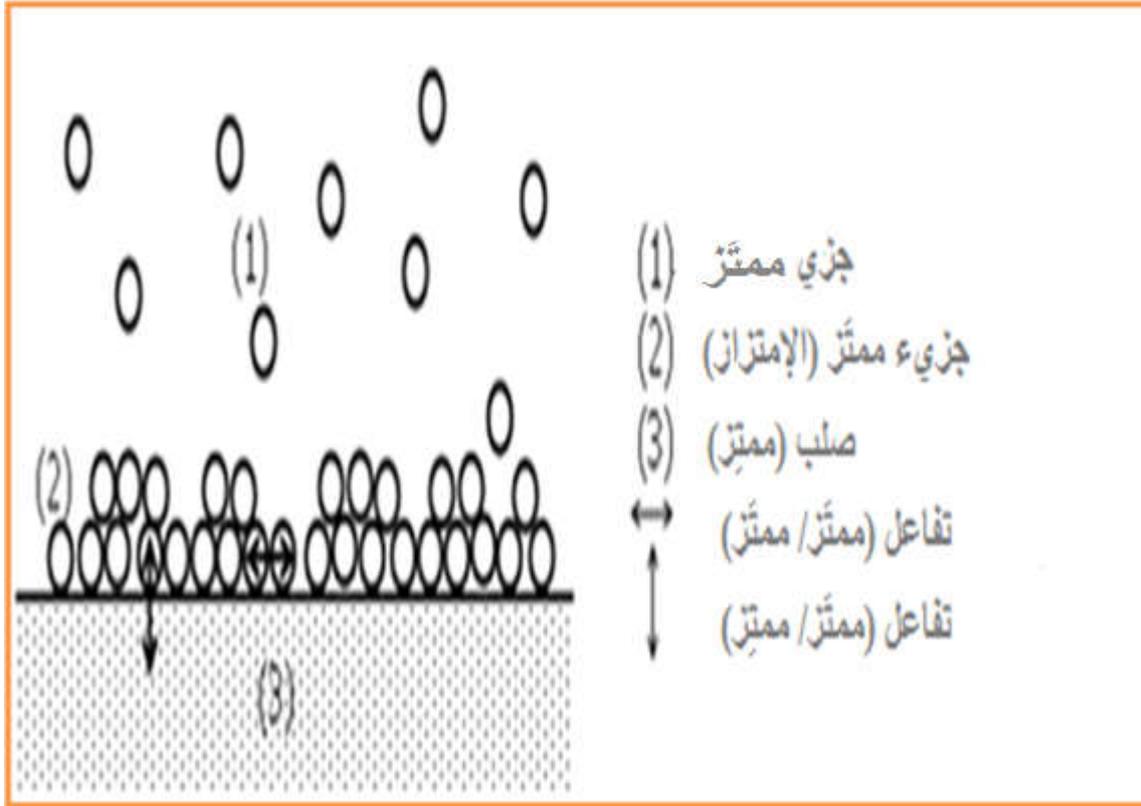
إعتمادا على أنواع وطبيعة تفاعلات ممتز/ ممتز أو القوى التي تحافظ عليها الممتز على السطح الصلب، وهناك نوعان من الإمتزاز: الإمتزاز الفيزيائي (إمتزاز فان دير فال) و الإمتزاز الكيميائي (الإمتزاز المنشط) [9].

1.4.II. الإمتزاز الفيزيائي :

إنه إمتزاز من النوع الفيزيائي [10]، ويرجع ذلك إلى قوى التفاعل الفيزيائي بين الذرات التي تشكل الطبقة السطحية للصلب وجزيئات الغاز أو السائل. تنطوي هذه القوى من نوع قوى فان دير فال وكذلك الروابط الهيدروجينية. هناك أيضا قوى كهربائية إذا كانت المادة الصلبة أو الغاز قطبية بطبيعتها. في هذا النوع من الإمتزاز الطاقات المعنية منخفضة وأقل من 20 سعرة حرارية / مول [11].

يتميز هذا النوع من الإمتزاز ب: [12]

- السرعة في تحقيق التوازن بين الطور الممتز ومرحلة السائل.
 - حرارة الإمتزاز بشكل ملحوظ من نفس درجة حرارة تسهيل الغاز الممتز.
 - قابلية الإنعكاس سهلة نسبياً وعدم وجود خصوصية. (مواقع الإمتزاز لا يؤدي إلى إمتزاز معين).
- يحدث الإمتزاز الفيزيائي في درجات حرارة منخفضة، و هو إمتزاز متعددة الطبقات (الشكل 2.II) [13].



الشكل 2.II. مخطط الإمتزاز الفيزيائي [10].

2.4.II. الإمتزاز الكيميائي (الإمتزاز المنشط) :

في هذه الحالة، يتضمن الإمتزاز تفاعلات ذات طبيعة كيميائية بين ذرات سطح المادة الصلبة وجزيئات الممتز. هو نقل الشحنة و توزيعها بين الأنواع المميزة والممتز. ينتج عن ذلك تكوين روابط قوية ذات طبيعة تساهمية أو أيونية. في هذه الحالة، تكون الطاقة أكبر والمسافة بين السطح والجزيئات الممتزة أقصر مما عليه في حالة الإمتزاز الفيزيائي. الإمتزاز الكيميائي يحدث على بعض مجموعات وظيفية أو مواقع معينة على سطح الركيزة. الطاقات المعنية عادة ما تكون بين 20 و 100 كيلو كالوري / مول [11].

يتميز الإمتزاز الكيميائي بـ: [12]

- توازن طويل يتم الوصول إليه بين الطور الممتز و وسط السائل.
- زيادة في كمية المواد الممتزة مع درجة الحرارة.
- الحرارة المنبعثة خلال الإمتزاز مماثلة لحرارة التفاعل (40 إلى 100 كيلو جول / مول)، أي حوالي 10 أضعاف معدل الإمتزاز الفيزيائي.
- غير قابل للإنعكاس.

يكتمل الإمتزاز الكيميائي عندما تكون جميع المراكز النشطة الموجودة على السطح قد أنشأت السندات مع الجزيئات الممتزة [1].

3.4.II. الإختلافات بين الإمتزاز الفيزيائي والكيميائي :

الجدول II. 01. التمييز بين الإمتزاز الفيزيائي والكيميائي [15- 14].

الإمتزاز الكيميائي	الإمتزاز الفيزيائي	الخصائص
20 إلى 100 سعر حراري/ مول	5 إلى 10 سعر حراري/مول	طاقة الامتزاز
عالية	أدنى حرارة التوازن	درجة الحرارة العملية
كيميائية صعب يمكن تقديرها	فيزيائية (Van der Waals) سهل لا يمكن تقديرها	طبيعة الرابطة الإمتزاز طاقة التنشيط
بطيء	سريع جدا	الحركية
أحادي الطبقة	متعدد الطبقات	حالة السطح

4.4.II. أنواع مختلفة من المواد الممتزة :

تتميز جميع المواد الصلبة التي تعمل كمتزازات ببنيتها الصغيرة التي تمنحهم سطحاً محدداً ونشاط كبير جداً لكل وحدة من الكتلة.

المميزات المستخدمة في الممارسة هي إما العضوية الطبيعية (نباتية أو حيوانية)، أو المعدنية الطبيعية. يتم استخدامها كما هو أو بعد العلاج بالتنشيط الذي يهدف إلى زيادة المسامية. أكثر المميزات المستخدمة في تطبيقات معالجة المياه : الطين، الكربون المنشط [16].

5.II. وصف آلية الإمتزاز :

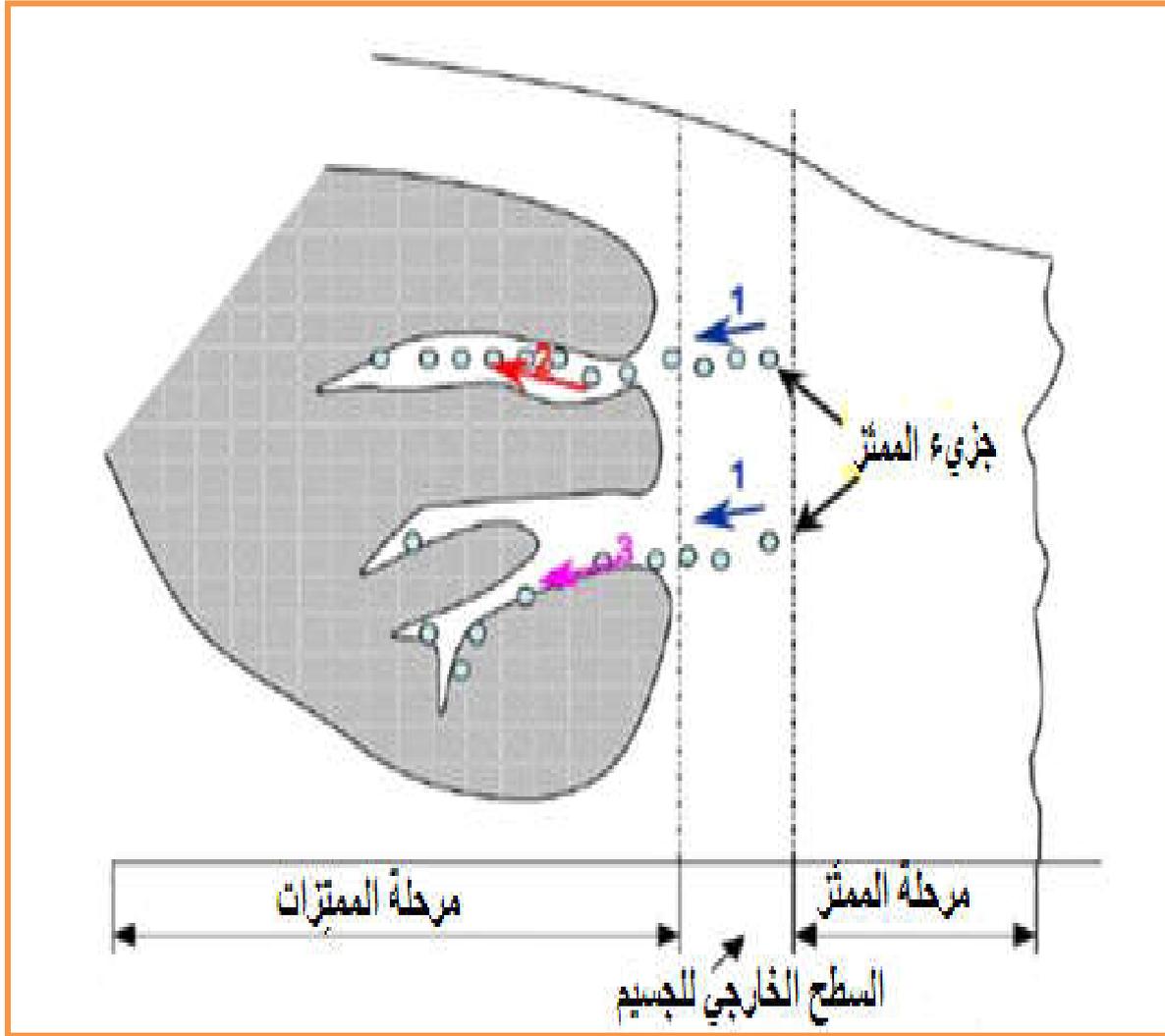
عندما يكون الغاز أو السائل على اتصال مع مادة صلبة، يتم الإحتفاظ بذلك عن طريق ذرات السطح الصلبة ويتركز على سطحه. هذه العملية تتم في ثلاثة الخطوات: [17-1].
يوضح (الشكل II.3) آلية نقل الممتزاز داخل حبيبة المادة الصلبة:

● **الإنتشار الخارجي:** يتوافق مع نقل المذاب (جزيئات السائل) من وسط المحلول إلى السطح الخارجي للجزيئات. يعتمد نقل المادة الخارجية على الظروف الهيدروديناميكية لتدفق السائل في طبقة من الممتزاز.

● **الإنتشار الداخلي:** تخترق جزيئات السائل داخل المسام وهذا يعتمد على تدرج تركيز المذاب.

● **انتشار السطح:** يتوافق مع تثبيت الجزيئات على سطح المسام.

إن ظاهرة الإمتزاز التي يتحكم فيها انتشار الجزيئات، تصل إلى توازنها بسرعة نسبياً (من بضع ثوان إلى بضع دقائق). ولكن يمكن أن تمتد على مدى فترات طويلة جداً للممتزاز الصغيرة التي يسهل إختراقها بسبب تباطؤ إنتشار الجزيئات في هذه الهياكل ذات الأبعاد القريبة من قطر الجزيئات السائل [3].



الشكل 3. II. آلية نقل ممتز داخل مادة صلبة.

6. II. العوامل المؤثرة في ظاهرة الإمتزاز :

يعتمد توازن الإمتزاز بين الممتزات والإدمصاص على العديد من العوامل منها : [18] .

- خصائص الممتزات: القطبية، حجم المسام، سطح النوعي و وظائف السطح.
- خصائص الممتز: القطبية والذوبان والوزن الجزيئي.
- الخصائص الفيزيائية والكيميائية للوسط: درجة الحرارة ودرجة الحموضة [19-20].

1. 6. II. السطح النوعي :

بحكم التعريف، فإن السطح المحدد للإمتزاز هو سطح واحد لكل وحدة من الكتلة. يتم التعبير عنه عموماً (م²/غ) يعتمد تقديره تقليدياً على قياسات قدرة الإمتزاز من الممتزات المعنية، والتي تتوافق مع ممتز معين، يجب أن يكون للجزيء الممتز سطح معروف ومقبول. لهذا الغرض، يكفي تحديد قيمة سعة الطبقة الأحادية من منحنيات الإمتزاز [21]. يزداد مقدار المادة الممتزة مع زيادة سطح الإمتزاز، لتحقيق تأثير إمتزاز كبير، فمن الضروري أن يكون سطح الممتز أكبر حجم ممكن [18].

2.6.II. طبيعة المميزات :

أي مادة صلبة يمكن اعتبارها مميزات محتملة، لكن قدرة المميزات تختلف من المميزات إلى أخرى.

يجب أن يكون للمميز المستخدم في العلاجات المختلفة الصفات التالية : [1].

- قدرة إمتزاز عالية.
- كفاءة عالية لإمتزاز المواد بتركيز منخفض.
- إنتقائية عالية.
- القدرة على التجديد بسهولة وإستخدامها مرة أخرى.
- سعر منخفض.

وترتبط قدرات الإمتزاز العالية بشكل خاص بالمميزات جزئياً، ببنيتها المسامية المتطورة للغاية وسطحها النوعي.

3.6.II. الحموضة :

درجة الحموضة في بعض الأحيان يكون لها تأثير كبير على خصائص الإمتزاز في معظم الحالات، يتم تحقيق أفضل

النتائج بأقل درجة حموضة. هذا القول ينطبق بشكل خاص على إمتزاز المواد الحمضية [8].

يحدد PH درجة تأين المعادن في الماء وبالتالي حركتها التي تؤثر على إمتزازها [22].

4.6.II. القطبية :

سيكون للمذاب القطبي تقارب أكبر للمذيب أو المميز القطبي أكثر. يجب أن يكون للمميز والمميز قطبية مماثلة [1].

المواد الصلبة القطبية تمتص الأجسام القطبية، والمواد الصلبة اللاقطبية. يزيد تقارب الركائز مع الكتلة الجزيئية للمميز.

الإمتزاز هو أكثر كثافة بالنسبة للهيئات التي لديها تقارب أكثر نسبياً للمذاب من المذيب [23-24].

5.6.II. درجة الحرارة :

تزداد الكمية الممتزة في حالة التوازن عندما تنخفض درجة الحرارة، علاوة على أن العملية تطلق حرارة الإمتزاز كأي

رد فعل طارد للحرارة، لذلك يفضل درجات حرارة منخفضة [25].

6.6.II. المسامية :

يحدد تصنيف U.I.P.AC ثلاثة أنواع من المسامية: (الشكل II.4، الشكل II.5)

- المسام التي يزيد قطرها عن 50 نانومتر تسمى المسام الكبيرة.
- المسام التي يتراوح قطرها بين 2 و 50 نانومتر تسمى المسام المتوسطة.
- مسام يقل قطرها عن 2 نانومتر تسمى المسام الصغيرة.

وجود المسامات الدقيقة في المميزات له تأثير زيادة كبيرة في سعة الإمتزاز (الحجم الحر V لكل وحدة من الكتلة).

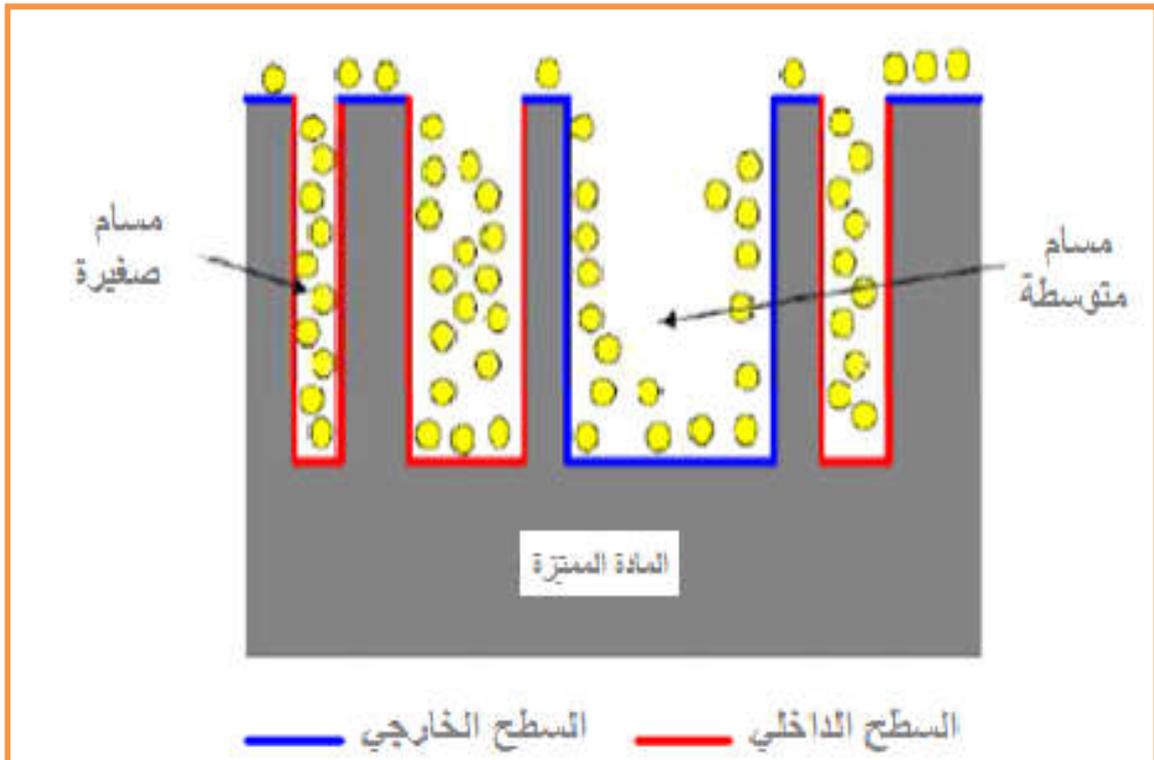
بالإضافة إلى ذلك ، انتعاش حقول القوة التي تولدها جدران المسام الدقيقة يؤدي إلى زيادة في إمكانات الإمتزاز داخل

هذه التجاويف. لذلك فإن الإمتزاز في المسام الدقيقة هو أكبر بكثير من على سطح المسام المتوسطة. الإمتزاز على

السطح غالباً ما تكون المسام الكلية غير مهمة مقارنةً بما يحدث في المسام الصغيرة والوسطية [26].



الشكل II. 4. تمثيل تخطيطي لأنواع مختلفة من المسام .



الشكل II. 5. التمثيل التخطيطي للسطح الداخلي والخارجي للإمتزاز .

- السطح الداخلي هو السطح الصغير الذي تمثله جدران المسام الصغيرة .
- السطح الخارجي هو السطح غير الدقيق الذي يحتوي على جدران المسام المتوسطة والمسام الكبيرة، وكذلك السطح غير المسامي للعينة [13].

7.6.II. طبيعة الممتز :

وفقاً لقاعدة LUNDENIUS : "كلما قلت مادة قابلة للذوبان في المذيب، مكان ذلك أفضل هو الممتز " لإمتصاص الجزيء، من الضروري أولاً كسر الرابط مع المذيب [27].

7.II. منحنيات الإمتزاز :

1.7.II. قدرة الامتزاز :

اقتراح العديد من المؤلفين نماذج، نظرية أو تجريبية، لوصف العلاقة بين كتلة الممتز في حالة توازن (qe) والتركيز الذي يحدث به (Ce). هذه هي العلاقات غير الحركية $q_t = f(C_e)$ ، والتي نسميها منحنى الإمتزاز. بشكل عام، يتم حساب تركيز الممتزات التي يحتفظ بها الممتزات بواسطة الفرق بين التركيز الأولي للذوبان C_0 والتركيز النهائي للذوبان C. يتم إعطاء كمية المادة المذابة الممتزة عند التوازن (qe) بالمعادلة التالية [28].

$$Q_t = (C_0 - C_e) V/m$$

مع:

Q_t : الكمية الممتصة (مغ / غ).

V: حجم المحلول (ل).

m: كتلة الممتزات (غ).

C_0 : التركيز الأولي من الممتز (مغ / ل).

C_e : تركيز الحالة الثابتة من الممتز (مغ / ل).

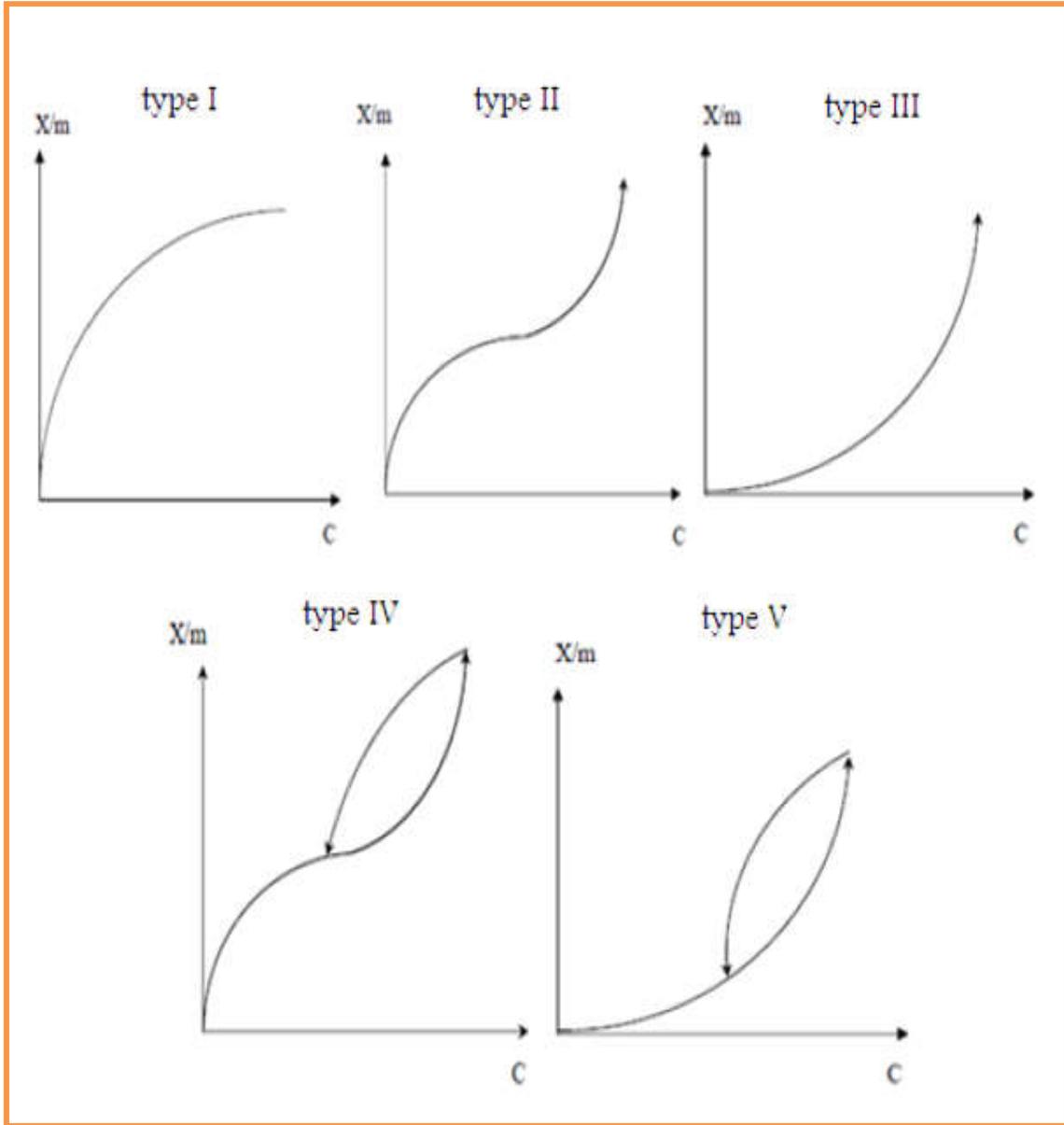
2.7.II. تصنيف منحنيات الإمتزاز:

ليست كل أنظمة الممتزات / الممتزات تتصرف بنفس الطريقة. غالباً ما يتم التعامل مع ظواهر الإمتزاز عن طريق سلوكهم الحراري. المنحنيات تصف العلاقة الحالية لتوازن الإمتزاز بين كمية الممتز وتركيز المذاب في مذيب معين عند درجة حرارة ثابتة [29].

هناك 5 أنواع من المنحنيات (الشكل 6.II) :

- النوع الأول : المنحنى نموذجي لإمتصاص أحادي الطبقة، أو المقابلة لمأ المسام الصغيرة مع التشبع عندما يتم ملأ الحجم المتاح، ويشير المنحنى إلى تفاعل نسبي قوي بين الممتز والممتز.
- النوع الثاني : المنحنى يتوافق بشكل عام مع إمتزاز متعدد الطبقات للأسطح غير الصغيرة. أو مزيج من النوع الأول و النوع الثاني (مأ المسام الصغيرة تليها الإمتزاز متعدد الطبقات على السطح الخارجي).
- النوع الثالث : المنحنى يشير إلى تكوين متعدد الطبقات الجزيئية من بداية الإمتزاز. أنها تعكس نقص من التقارب بين الممتز و الممتز، و تفاعل الممتز - الممتز قوي نسبياً.
- النوع الرابع : مزيج من منحنى من النوع الثاني (امتصاص قوي ولكن محدود). النوع الرابع منحنى له خطوات مميزة لإمتصاص متعدد الطبقات على سطح غير مسامي متجانسة جداً.

- النوع الخامس : منحنى يعكس تفاعلا قويا بين الممتزات. بالإضافة إلى ذلك، وجود التباطؤ أثناء الإمتزاز يعكس وجود مسام متوسطة يتكثف فيها البخار، وبشكل هلاله من انحناء قوي.



الشكل II.6. أنواع مختلفة من منحنيات الإمتزاز [30].

3.7.II. نماذج منحنى الإمتزاز :

أكثر أنواع منحنيات المعروفة هي Langmuir الذي يعتمد على فرضيات نادرا ما تكون مرضية خاصة فيما يتعلق بتجانس السطح ولكنه يبقى الأكثر استخداما. يتم تطبيق كل من Langmuir و Freundlich بشكل مناسب لإمتزاز أحادي الطبقة. من ناحية أخرى، فإن منحنى Br و EMT و BET هي أكثر ملائمة لإمتصاص متعدد الطبقات [31].

1.3.7.II. نموذج Langmuir :

هذا النموذج مفيد جدا لإمتزاز الجزيئي الأحادي لمذاب على السطح أحادي الطبقة من الممتزات [15].

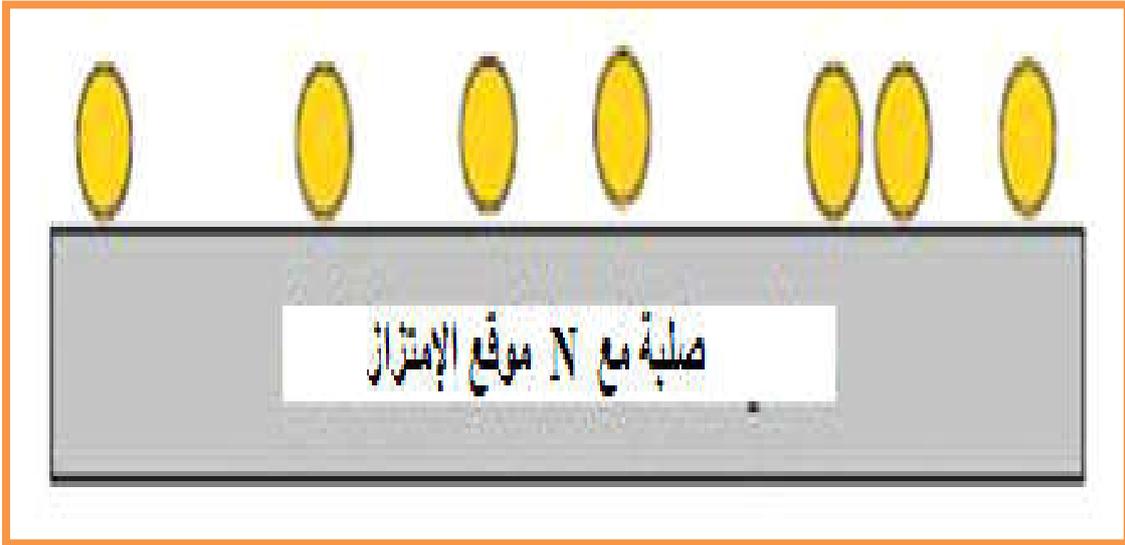
إنه نموذج بسيط يتم استخدامه عند استيفاء الشروط التالية: [29]

- يتم تثبيت الأنواع الممتزة في موقع واحد محدد جيداً.
 - كل موقع قادر فقط على تثبيت نوع ممتز واحد.
 - طاقة الإمتزاز لجميع المواقع متطابقة ومستقلة عن الأنواع الأخرى الممتزة بالفعل على المواقع المجاورة.
 - رد فعل الإمتزاز قابل للعكس.
- يوصف بالتعبير التالي [1].

$$Q_e = Q_m \cdot K_L / (1 + k_L \cdot C_e)$$

مع:

- C_e : التركيز عند التوازن، معبراً عنه (مغ / ل).
- Q_e : كمية المنتج الممتز لكل وحدة من الكتلة الممتصة معبراً عنها (مغ / ل).
- Q_m : الحد الأقصى لقدرة الإمتزاز النظري المعبر عنها بـ (مغ / ل).
- K_L : ثابت التوازن الإمتزاز الحراري.



الشكل II.7. نموذج إمتزاز أحادي الطبقة [12].

2.3.7.II. نموذج Freundlich:

تم تقديم منحني FREUNDLICH في عام 1926 ويستند إلى الإفتراضات التالية: [25]

- المواقع النشطة لها مستويات طاقة مختلفة.
- يمكن لكل موقع نشط تثبيت العديد من الجزيئات.
- عدم تحديد عدد المواقع النشطة.

يوصف بالمعادلة التالية: [27]

$$Q_e = K_f \cdot C_e^{1/n}$$

مع:

C_e : تركيز التوازن، معبراً عنه (مغ / ل).

K_f : ثابت يميز قوة إمتزاز المادة الصلبة.

$n/1$: ثابت يميز تقارب المادة الممتزة.

Q_e : كمية المادة الممتزة لكل وحدة من الكتلة الممتزة معبراً عنها (مغ / غ).

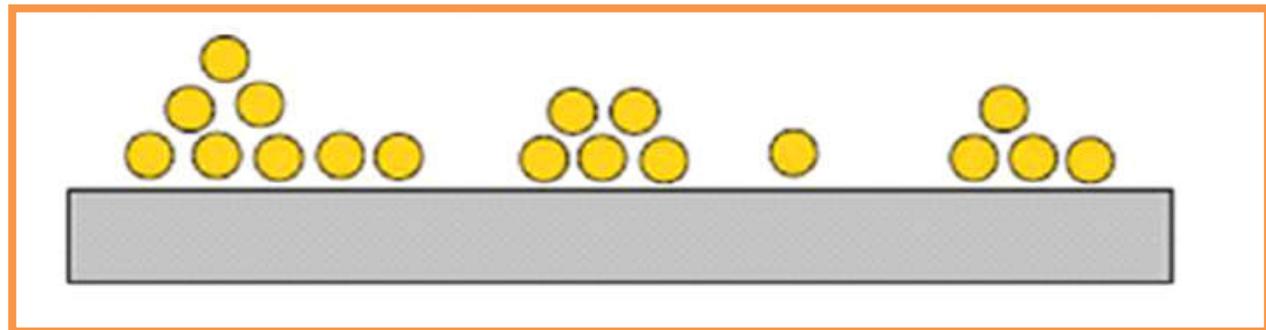
باستخدام هذا النموذج، يتم ترجمة الإمتزاز على مواقع محددة جيداً لها نفس الطاقة، والجزيئات الممتزة ليس لها أي تفاعل بينهما، ويتم الإمتزاز من البداية في عدة طبقات، والجزيئات الممتزة في الطبقة الأولى هي بمثابة مواقع إمتزاز لجزيئات الطبقة الثانية وهكذا [26].



الشكل II 8. نموذج إمتزاز Freundlich .

3.3.7.II. نظرية BET:

لتعميم نظرية لانجموير، قام بروناور وإيميت وتيلر بتطوير نموذج سمي لاحقاً نموذج BET. الذي يأخذ في الاعتبار تشكيل عدة طبقات من جزيئات الممتز. تؤخذ التفاعلات بين الغاز-الغاز والغاز-المواد الصلبة في الاعتبار و كل جزيء ممتز في طبقة هو موقع امتزاز لجزيء في الطبقة التالية [12].



الشكل II 9. نموذج الإمتزاز متعدد الطبقات [32].

8.II. تطبيقات الإمتزاز :

العديد من التطبيقات التقنية للإمتزاز تنتج من ثلاث خصائص والتي تميزها عن عمليات الفصل الأخرى ، وهي [10] .

- الإحتفاظ بالجسيمات الصغيرة جدا، مثل الغرويات.
- الإحتفاظ بالمكونات بتركيزات منخفضة للغاية، على سبيل المثال الشوائب أو الجزيئات المعدنية والأيونات التي تعطي ألوان المنتج أو الروائح أو نكهات غير سارة، حتى السمية.
- انتقائية الممزازات عن طريق توفير مكونات معينة من الخليط.

من بين التطبيقات ، نذكر :

- تجفيف وتنقية وإزالة الروائح من الغازات.
- تكرير المنتجات البترولية.
- تحفيز الإتصال.
- إزالة الرطوبة و الروائح الكريهة من الهواء.
- استرداد المذيبات المتطايرة والكحول في عملية التخمير.
- تلون السوائل.
- كروماتوجرافيا الغاز.

الإستخدامات الرئيسية للإمتزاز هي:

- تنقية مختلف المنتجات البترولية والدهون الحيوانية والنباتية .
- معالجة المياه (القضاء على المعادن الثقيلة والروائح والمواد العضوية).
- تجفيف المنتجات العضوية .
- تلون العصائر الحلوة .
- إزالة المعادن الثقيلة من النفايات السائلة [33] .

9.II. الخاتمة :

خلال هذا الفصل، تمكنا من تعريف الإمتزاز على أنه تفاعل سطحي في الأساس، والتميز بين الإمتزاز الكيميائي و الإمتزاز الفيزيائي، كمتقنا بتفصيل الآلية وذكرنا العوامل المؤثرة المختلفة. قدمنا أيضاً الأنواع المختلفة من منحنيات الإمتزاز وكشفنا النماذج الأكثر استخداماً لتوضيحها. وأخيراً ذكرنا بعض تطبيقات الإمتزاز.

المراجع الببليوغرافية

[1]	N.Yahyaoui, « Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium hydroxyapatite et charbon actif », Université mouloud mammeritizziouzou, le 02/ 07/2012 .
[2]	K.Chikhi, Adsorption du zinc sur la bentonite de Maghnia, Master Académique, Université KasdiMerbah -Ouargla, 19/06/2013.
[3]	H.Boulkrah, « Etude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants », l'université du 20 août 1955 Skikda ,soutenu en 2008.
[4]	Edeline, F, « L'épuration physico-chimique des eaux ». Editions CEBEDOC spril, 1992.
[5]	Ikhlass Marzouk Tri_. « Etude de l' élimination du chrome VI par adsorption sur l'alumine active par dialyse ionique croisee ». Autre. Université Paris-Est, 2012. Français. <NNT : 2012PEST1149>. <tel-00807936>
[6]	A.Khalfaoui, « Etude Expérimentale de L'élimination de Polluants Organiques et inorganiques par adsorption sur des Matériaux Naturels »: Application aux Peaux d'Orange et de Banane, Thèse de Doctorat, Université Mentouri -Constantine, 2012.
[7]	A.Boucif, Allam, « Etude de la Co-adsorption de deux pesticides (Durion et Metribuzine) sur un charbon actif en poudre ». Mémoire d'ingénieur d'état en chimie industrielle, école nationale supérieure polytechnique, 2008.
[8]	La franque, J. P. Pollet, N. Garforth, B. Phytoma, Phys.Chem., 9, 5-49, 1993.
[9]	C.E. Chitour, Physico-chimie des surfaces, Volume 2, Les interfaces gaz-solide et liquide-solide, Édition O.P.U. Alger .(1992)
[10]	E. Koller, Aide-mémoire Génie chimique, 2ème Edition DUNOD. 364- 366Avril (2005).
[11]	N.BahloulNaila, Etude de l'adsorption du colorant anionique Rouge 2 sur charbons actifs et argiles modifiées, université des sciences et de la technologie d'Oran « Mohamed Boudiaf », Option : Physico-chimie des matériaux minéraux et développement durable, Mercredi 01 Octobre 2014
[12]	N.Sedira. « Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes, Option : Environnement et traitement des eaux », Université

	Mohamed Chérif Massaadia Souk-Ahras .2013,
[13]	F.Benamraoui, Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture, Option: Génie Chimique, université Ferhat Abbas Setif-1 UFAS)Algérie) .2014
[14]	M .A. Slasli, Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux: Approches théorique et expérimentale, Thèse de Doctorat, Université de Neuchâtel 2002
[15]	S.Boulaajoul, << Etude cinétique de l'adsorption statique du 4-Nitrophénol sur charbon actif commercial (NC60) >>, Université KasdiMerbeh Ouargla, Spécialité Génie Chimique, le : 15/06/2013 .
[16]	Benguella B. (2009). « Valorisation des argiles Algériennes application à l'adsorption des colorants textiles en solution » Thèse de doctorat de l'université de Tlemcen-Algérie
[17]	W.B.Ar Buckley "Estimating equilibrium adsorption of organic compounds on activated carbon from aqueous solution" - Environmental Science & Technology, 15 (7) ,812-819(1981).
[18]	L. Ming Sun, F. Meunier, Adsorption, aspect théorique, Edition technique de l'ingénieur, J 2730. 2003.
[19]	Reffas.A, << Etude de l'adsorption de colorants organique (Rouge nylosan et bleu de méthylène) sur des charbons actifs préparés à partir de marc de café, thèse de doctorat >>, Université de Mentouri Constantine, 2010, p 48.
[20]	Haddoum. S, Selatnia.S, Biosorption du plomb sur une biomasse (pleuratus Mutilus), mémoire de magistère, école nationale supérieure polytechnique, 2005, p 28.
[21]	K.S. Sing and J. Gregg, Adsorption : surface area and porosity, Edition Academy Press, New York, 23, 698, 1982.
[22]	A.Abid, B.Guirida, << Etude de l'efficacité d'un charbon actif à base de noix de dattes sur l'adsorption des métaux (calcium) >>, Mémoire Master, P 7-9 Université de Ouargla, 2011.
[23]	L. Robert, F. Dardel, Adsorption J 2730, Traité Génie des procédés. (1988).
[24]	Degremonts, Memento-Technique de l'eau, Lavoisier et Documentation. (1989)
[25]	N.Khelifaoui et H.Benazza ; << Etude de l'adsorption d'un solvant organique par

	un matériau alumineux silicate de la ville de Sig ^{>>} , Université Des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf USTOMB, Faculté de Chimie - Département de Chimie Organique Industrielle, 2013-2014
[26]	H.Freundlich, An adsorption in solutions, Phys.Chem, 1906. N.Bougdah, étude de l'adsorption de micropolluants Organiques sur la bentonite, mémoire de magister, Université de Skikda, 2007
[27]	S. Moreau« L'adsorption et l'environnement » ENS 2003.
[28]	S. Marsteau,Adsorption, traitements des gaz dangereux captés sur les lieux de travail, Edition 4263, Département Ingénierie des Procédés, Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS) 2005.
[29]	I. Bounour, Modélisation des isothermes d'adsorption dans le cas de : phénol et de bleu de méthyle sur le charbon actif en grain, mémoire d'ingénieur d'état, école nationale supérieure polytechnique, 2009.
[30]	T.Daoud. Bio sorption Simultanée du Plomb et du Fer sur une Biomasse Morte «La StreptomycesRimosus », Ecole nationale polytechnique -ENP- 10 avenuehassanbadi, el-harrach -Alger, juin, 2007.
[31]	C. H Giles, T. H. Macewan, D.Smith, J. Chem. Soc., 3973-3993,1960.
[32]	J.Braz,Chem. Eng. vol.26 no.2 São Paulo Apr.2009.
[33]	Barka, ^{<<} Etude comparative des propriétés d'adsorption de quelques micropolluants sur les phosphates naturels et le charbon actif ^{>>} , Memoire de fin d'étude, Université Mentouri à Constantine , (2004) .



الفصل الثالث :

المواد و الطرق

المواد و الطرق

1.III. المواد:

1.1.III. عموميات على نفايات الخشب:

1.1.1.III. تعريف النفايات:

النفايات هي بقايا ناتجة عن عملية إنتاج أو تحويل أو استخدام أي مادة أو منتج أو بشكل عام أي ممتلكات أو أثاث مهجور أو ينوي حامله التخلي عنه. هذا لا يعني أن هذا العنصر غير قابل للاستخدام، كما هو أو بعد التعديل. فقط النفايات المصنفة على أن صلاحيتها منتهية تماما هي التي يجب تخزينها لتجنب التلوث البيئي [1].

2.1.1.III. نشارة و رقائق الخشب :

نشير بنشارة الخشب إلى جميع المخلفات التي ينتجها نشر الخشب أو التي يتم إنتاجها أثناء عمليات التشغيل التي تتم على المواد الخام (الخشب) [1].



الشكل 1.III. نشارة الخشب.

الرقاقة عبارة عن قطعة صغيرة من المواد تم إنشاؤها كنتيجة لتشكيل الآلات الألية لمادة مثل الخشب [2].



الشكل 2.III. رقائق الخشب.

نشارة الخشب المستخدمة في هذه المذكرة هي خشب الصنوبر الذي يُعد من أنواع الخشب اللين باهظ الثمن، ويتراوح لونه ما بين الكريمي، إلى البني المائل للأصفر، وحبيباته متقاربة، وتظهر عليه بوضوح حلقات النمو. ويُستخدم لصناعة جميع أنواع الأثاث باختلاف طرزها، فهو يُستخدم على نطاق واسع في صناعة الأثاث.

2.1.III. المواد المستخدمة:

جدول 01.III. خصائص المواد المختلفة المستخدمة.

الإيثانول Ethanol	
<p>الصيغة: C_2H_6O الكتلة المولية: 46.06844 غ / مول النقاوة: 96 % الإيثانول ، أو الكحول الإيثيلي (سائل عديم اللون وطيار وقابل للاشتعال ويمتزج بالماء بجميع نسبه).</p>	
تولوين Toluéne	
<p>الصيغة: C_7H_8 الكتلة المولية: 92.14 غ / مول التولوين هو الهيدروكربون العطري. (سائل شفاف ذو رائحة مميزة ، تذكرنا برائحة مزيل الطلاء أو بنزين).</p>	
حمض الكبريت Acide sulfurique	
<p>الصيغة: H_2SO_4 الكتلة المولية: 98.079 غ / مول النقاوة: 95-97 % حمض الكبريتيك النقي هو سائل لزج ، وعديم اللون والرائحة.</p>	
اليوريا Urée	
<p>الصيغة: CH_4N_2O الكتلة المولية: 60.06 غ / مول اليوريا مركب عضوي (مادة صلبة عديمة الرائحة قابلة للذوبان بشدة في الماء ، وغير سامة).</p>	

2.III. التقنيات التجريبية:

1.2.III. طرق التحضير:

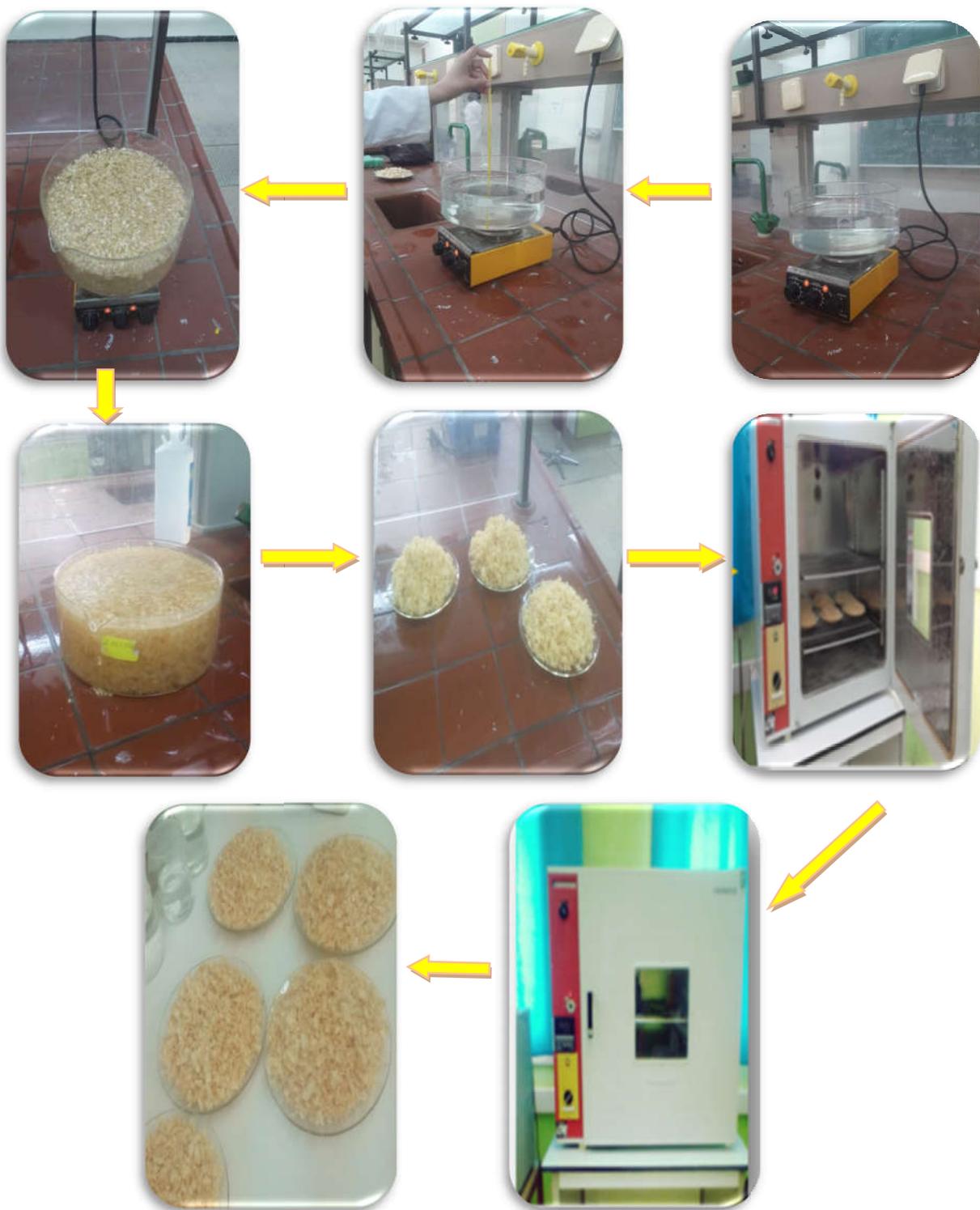
يظهر المخطط التالي (الشكل III. 3) جميع الخطوات الخاصة بالمعالجة الكيميائية :



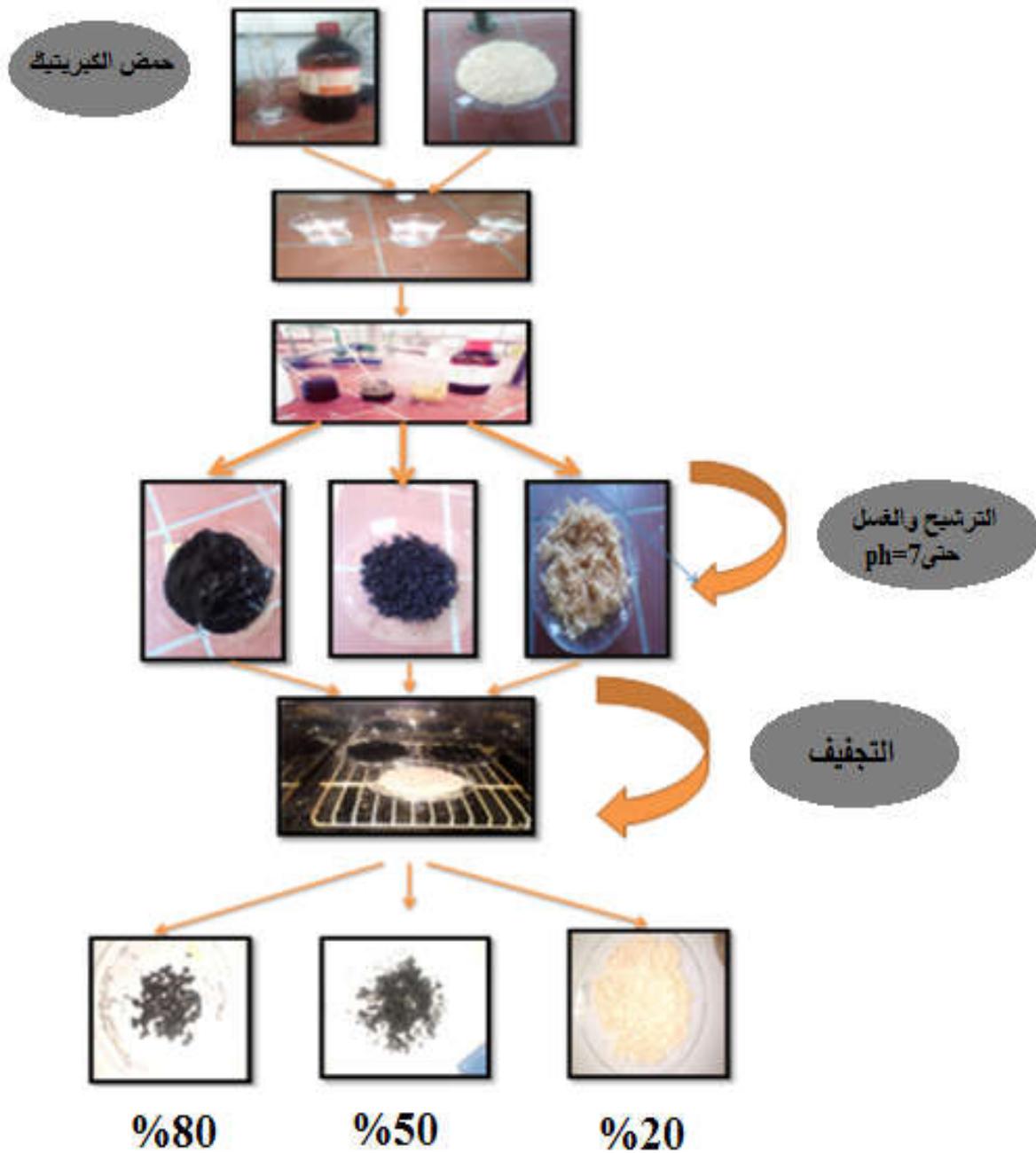
الشكل III.3. رسم تخطيطي للعملية المتبعة لمعالجة نشارة الخشب.

1.1.2.III. المواد قبل المعالجة:

يمكن تحسين قدرة نشارة الخشب على تثبيت المدمصات بشكل كبير من خلال معالجتها كيميائياً لتنشيط مواقع الامتزاز الوظيفية. للقيام بذلك: تم غسل نشارة الخشب الخام (SB_{brut} أو غير المعالجة) عدة مرات بالماء الساخن المقطر عند 60C°، ثم تجفيفها في فرن عند 80C° لمدة 24 ساعة، من أجل إزالة الجزيئات القابلة للذوبان في الماء التي تلتصق بسطح النشارة كما هو موضح في (الشكل III.4) [3].



الشكل III.4. مراحل قبل معالجة المواد.



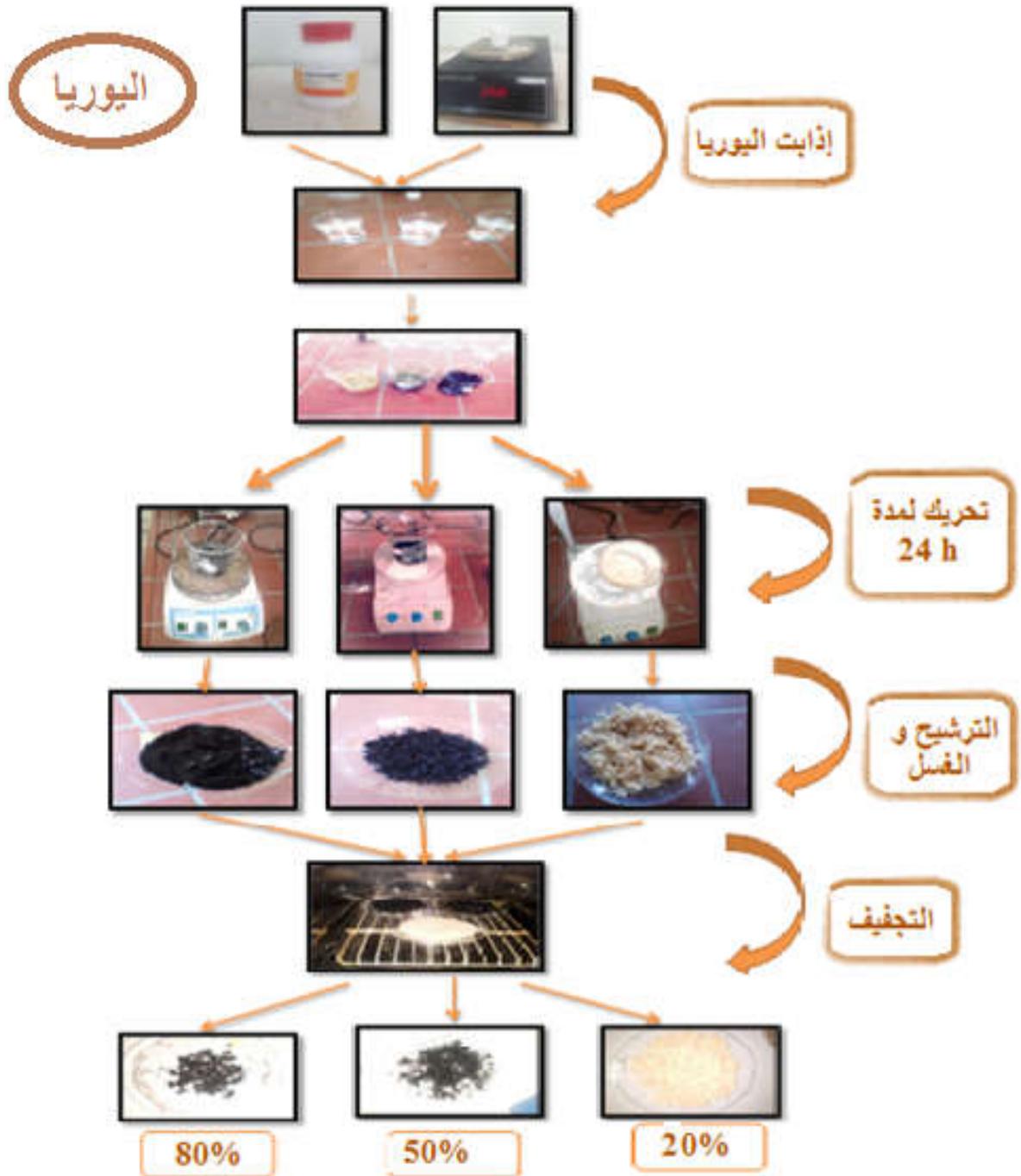
الشكل III.6. المعالجة القلوية بحمض الكبريتيك.

III.4.1.2. المعالجة الكيميائية باليوريا:

أظهرت الأعمال السابقة [7- 8] إنشاء مراكز جديدة الإدمصاص (مثل المجموعات الأمينية) على سطح المادة الخشبية عن طريق تفاعل تكثيف متعددة بين مجموعات $C = O$ من الخشبين. تبدو اليوريا مثيرة للاهتمام من أجل تحسين خصائص الإدمصاص ، عن طريق تطعيم بالوظائف الأمينية (NH_2 -) على الهيكل السليلوزي و خشبين نشارة الخشب. لذلك فإن تفاعل التطعيم يتمثل في تكوين رابطة تساهمية بين كربون وظيفة الألدهيد في السليلوز المؤكسد (سيليلوز ثنائي الألدهيد) ونيتروجين الوظيفة الأمينية للجزء المطعم ، وكذلك في تكوين رابطة تساهمية بين الأكسجين

مجموعة هيدروكسيد الفينولات وكربون الجزيء المطعم [9]. تم تطعيم نشارة الخشب وفقاً لبروتوكول Pokhrel و Viraraghavan (2006) [10] (الشكل 7.III).

- ✓ إلى نشارة الخشب التي سبق هدرجتها (20% و 50% و 80%) ، تمت إضافة 3 غرام من اليوريا، ثم نحركها (140 لفة / دقيقة) لمدة 24 ساعة عند درجة حرارة الغرفة.
- ✓ بعد الترشيح، تم غسل نشارة الخشب المطعمة (20% و 50% و 80%) بواسطة الماء، ثم يجفف لمدة 24 ساعة عند 80°C.



الشكل 7.III. العلاج الكيميائي باليوريا .

3.III طرق التوصيف والتحليل:

1.3.III. طيف الأشعة ما تحت الحمراء (IR):

منذ فترة طويلة يستخدم التحليل الطيفي للأشعة ما تحت الحمراء (IR) فقط لتوضيح بنية الجزيئات [11-12]. إنها وسيلة تشخيصية لتحديد طبيعة الروابط الكيميائية الموجودة في الجزيء [13].

مبدأ التحليل الطيفي بالأشعة ما تحت الحمراء:

يعتمد التحليل الطيفي للأشعة ما تحت الحمراء على تفاعل ضوء الأشعة ما تحت الحمراء مع السحابة الإلكترونية للروابط الكيميائية [14]، حيث تتعرض العينة للإشعاع الكهرومغناطيسي في نطاق الطول الموجي من مركز الأشعة ما تحت الحمراء من 2.5 إلى 25 (400 إلى 4000 سم⁻¹). يمكن للحقل الكهربائي الناتج عن الموجة الكهرومغناطيسية أن يتفاعل مع عزم ثنائي القطب للجزيء الموجود في المادة. عندما يتزامن تردد المجال مع تردد الاهتزاز في الوضع الطبيعي للجزيء، يولد التفاعل الناتج اهتزاز بعض الروابط وامتصاص طاقة موجة الإثارة المقابلة. يعتمد التواتر الذي يتم فيه امتصاص الإشعاع على طبيعة الروابط، وكتلة الذرات المعنية والبيئة القريبة من المجموعة المعنية. لا يتم الاعتماد في أطيف الأشعة ما تحت الحمراء التي يتم الحصول عليها تجريبياً بطول الموجة أو في التردد ولكن عن طريق العدد الموجي المعبر عنه بسم⁻¹ [15].

ينقسم مجال الأشعة ما تحت الحمراء، الذي توجد فيه الطاقات الاهتزازية للروابط الجزيئية، إلى ثلاث مناطق:

- الأشعة ما تحت الحمراء القريبة: 4000 إلى 12500 سم⁻¹.
- الأشعة ما تحت الحمراء المتوسطة: 400 إلى 4000 سم⁻¹.
- الأشعة ما تحت الحمراء البعيدة: 10 إلى 400 سم⁻¹.

➤ المعدات

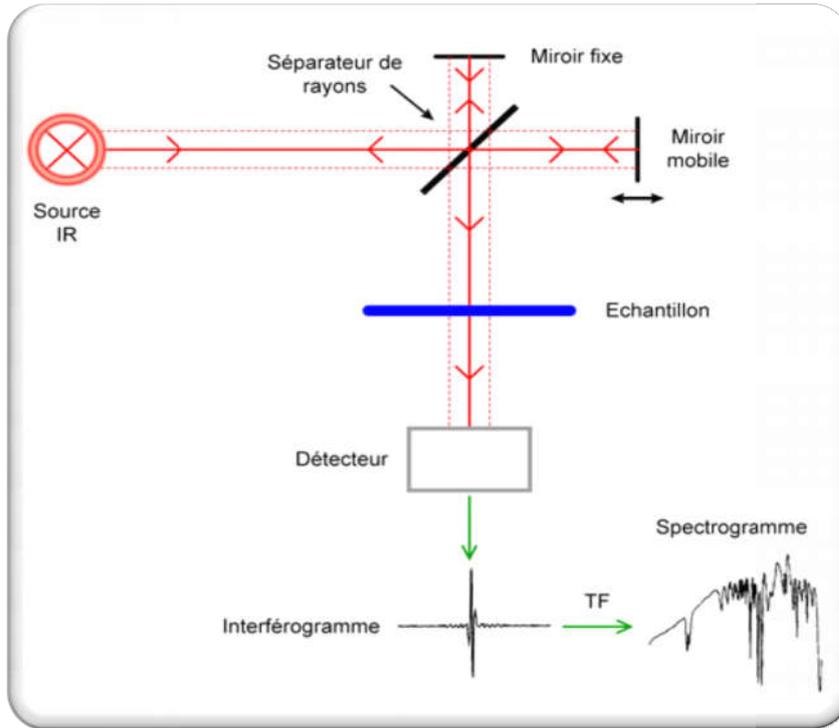
هناك نوعان من مطياف الأشعة ما تحت الحمراء: مطياف المسح ومطياف متحولة فورييه. يعد مطياف المسح هو الطراز الأكثر كلاسيكية بينما نستخدم الآن مطياف متحولة فورييه (IRTF) الذي يماثل مطياف المسح، لكن يتم استبدال النظام المشتت بمقياس تداخل (Michelson) أين يتم ضبط موضعه بالليزر.

يحتوي مطياف FT-IR بشكل أساسي على خمسة أجزاء [11]:

- مصدر الضوء.
- جهاز التداخل
- حجرة العينة (حامل عينة)

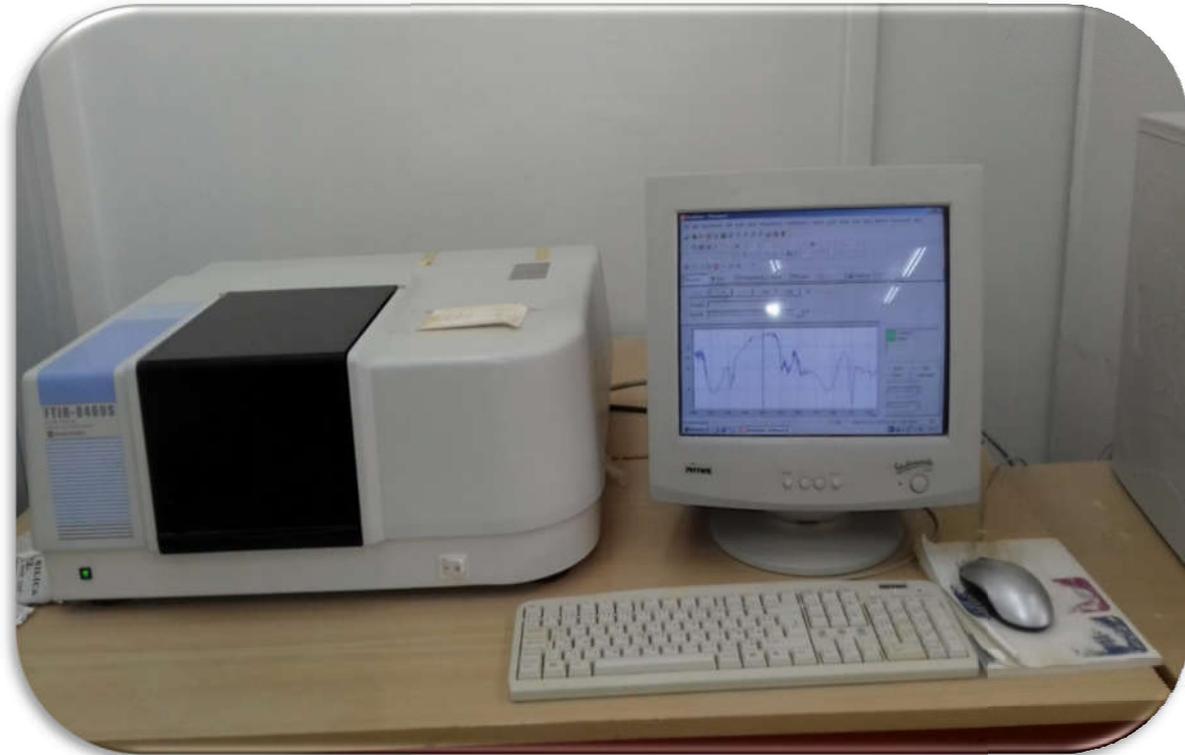
كاشف استشعار حساس للضوء

المحول الرقمي الذي يقوم بفصل الإشارة التناظرية وتحويلها بانتظام إلى إشارة رقمية يمكن معالجتها بواسطة نظام الكمبيوتر.



الشكل 8.III. رسم تخطيطي لمقياس فورييه يحول مطياف الأشعة تحت الحمراء.

الجهاز المستخدم في عملنا، هو مطياف تحويل فورييه FTIR-8400S من نوع SHIMADZU الذي يتراوح عدد الموجي بين 4000-400 سم⁻¹ (الشكل 9.III) :



الشكل 9.III. جهاز التحليل الطيفي بالأشعة ما تحت الحمراء.

2.3.III. حيود الأشعة السينية (DRX):

➤ المبدأ

يتيح حيود الأشعة السينية تحديد طبيعة الطور المتبلور وغير المتبلور الموجود في مادة صلبة ، وهي طريقة قوية جدًا لفحص المواد الصلبة البلورية ، باستخدام هذه التقنية يمكن للمرء الحصول على معلومات هيكلية (التماثل البلوري ، معلمة الشبكة ، توزيع الذرات داخل الشبكة الأولية) ، التركيبية (أبعاد البلورات ، التوترات الداخلية للشبكة) والتكوين النوعي والكمي من خلال مقارنة موقف وشدة خطوط الحيود التي تم الحصول عليها) . بالنسبة لعينة على شكل مسحوق ، فإننا نعتبر عددًا كبيرًا جدًا من البلورات ذات التوجهات العشوائية ، حيث أن حالة الانعراج تكون راضية إذا كانت بعض البلورات لها اتجاه مثل أن الحزمة العارضة للأشعة السينية تضيء مجموعة من المستوي hkl بزوايا الحادث θ إرضاء معادلة براغ ، مما يؤدي إلى انعكاس براغ [16].
نقوم بتحليل العينات بواسطة حيود الأشعة السينية، باستخدام مقياس حيود يستند مبدأه على الانعكاس الانتقائي للأشعة السينية بواسطة الكريستال، باستخدام قانون براغ:

$$n\lambda = 2d_{hkl} \sin\theta$$

حيث:

λ : الطول الموجي للحزمة الساقطة ($\lambda = 1.54181 \text{ \AA}$)

d : المسافة بين شبكي بين الطائرات حيود.

θ : الزاوية بين الحزمة العارضة والطائرات المنعكسة.

n : عدد صحيح

تتراوح مساحة الزاوية (2θ) بين 10° و 80° .

➤ المعدات

الجهاز هو مقياس حيود من نوع D8 Advance Bruker، في مختبر الأشعة السينية التابع لكلية العلوم التقنية بجامعة بسكرة (الشكل 10.III) شعاع الأشعة السينية الحادث يأتي من anticathode من النحاس باستخدام إشعاع $K\alpha$ ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$) ويتم تشغيله بواسطة مولد ثابت يعمل على جهد 40kv مع كثافة 40mA . سيتم قياس التشكيلات الجانبية للخط باستخدام نظام عد تلقائي من نقطة إلى نقطة بخطوة قدرها 0.02° لفترة زمنية تبلغ 2 ثانية على مدى زاوية بين 10° - 90° [17].



الشكل III. 10. . جهاز تحليل حيود الأشعة السينية .

3.3.III. المجهر الضوئي (MO) :

➤ التعريف :

الميكروسكوب الضوئي يسمح بالمراقبة الدقيقة على أسطح العينات التي تخضع لتلميع ميكانيكي تقليدي ثم هاجمت بكاشف Nital. إن الفائدة الرئيسية لهذه الطريقة البسيطة والفعالة هي إظهار البنية المجهرية من المواد وشكل الحبوب والمراحل المختلفة المعنية.

➤ المبدأ :

يتم تحويل الكائن إلى صورة حقيقية باستخدام عدسة. يتم تشكيل الصورة في المستوى البؤري ل العدسة التي ستتمكن بعد ذلك من إعطاء صورة افتراضية تقع في اللانهاية يمكننا أن نستنتج من هذا الرسم البياني البسيط أن تكبير الجهاز لا يعتمد فقط على الأهداف و العدسات ولكن أيضا المسافات بين المكونات.

في البداية ، بالنسبة لمعظم الشركات المصنعة ، كان طول الأنبوب 160 ملم ، باستثناء Leica التي تستخدم أنابيب 170 ملم وبعض المجاهر المعدنية مع أنابيب 250 ملم. تشكل الصورة 14 ملم من المستوى اليوري للعدسة. الخيط وقطر جبل تم إصلاحها وعالمية. لذا يمكنك تبديل عدسة من مجهر العلامة التجارية إلى مجهر آخر للعلامة التجارية. ومع ذلك ، لسنوات قليلة طرح المصنعون في السوق ما يسمى بصري اللانهاية. لم تعد هذه الأهداف تشكل صورة في خطة محددة ولكن إلى ما لا نهاية. الشعاع يخرج من لذلك الهدف متوازي. هذا يسمح بوضع العدسة في أي مكان. يمكنك إدخال العدد الذي تريده من الملحقات بين العدسة والعدسة دون الحاجة إلى ذلك ، إضافة عدسات تصحيحية إضافية ، ومع ذلك ، أحجام الإطارات والخيوط تم تغييرها مما يجعل من المستحيل نقل الأهداف من علامة تجارية إلى أخرى [18] (الشكل 11.III).



الشكل 11.III. جهاز المجهر الضوئي .

المراجع الببليوغرافية

[1]	W.Khelifi et R.Belouettar, Influence de la nature des copeaux de bois sur les caractéristiques physiques et mécaniques des bétons à base de copeaux de bois. Laboratoire de génie civil, Université BADJI Mokhtar PB 12,-ANNABA- 23000 ALGERIE.
[2]	B .Jean-Louis, Les copeaux de bois, Editions du Seuil, Paris 2008.
[3]	T.S. Anirudhan . L.Divya., P.S.Suchithra ,J. Environ. Manage. 90 549-560(2009).
[4]	H.Mellouk , Thèse de doctorat , Extraction des volatils à partir du bois par détente instantané controlée (DIC) : valorisation industrielle des extraits et des résidus solides, Université de la Rochelle. France. (2007).
[5]	S.Benyoucef, M.Amrani, Desalination. 275 231–236 (2011).
[6]	B.H.Hameed, A.A.Ahmad., N.Aziz,Chemical Engineering Journal. 1333 195-203 (2007).
[7]	Z.K.Saipov, Khimiia drevesiny. (In Russian). Issue 2(288) 78-80 (1976).
[8]	A. Kh. Abduazimov, Khimiia prirodnyh soedinenij. Issue 4 20-21 (1973).
[9]	J.Martin Thèse de Doctorat. Université de Limoges. France. 214 44-(2001).
[10]	D.Pokhrel, T.Viraraghavan, Water Res. 40 (3) 549-552 (2006).
[11]	H Kerbiche, Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption de phénol sur le charbon actif, Spécialité : Chimie Fondamentale et Appliquée , 2014-2015.
[12]	F.Messemeche, Etude qualitative et quantitative de l'adsorption d'un colorant organique sur le charbon actif, Spécialité : Chimie Fondamentale et Appliquée 2013-2014.
[13]	W. Brugel. An Introduction to Infrared Spectroscopy. Methuen & Co. Ltd., 1962
[14]	M.D.G. de Luna, E.D. Edgar, D.A.F. Genuino, C.M. Futralan, M-W Wan. Adsorption of Eriochrome Black T (EBT) dye using activated carbon prepared from waste rice hulls optimisation, isotherm and kinetic studies. Journal of the Taiwan Institute of Chimal Engineers 44 (2013).
[15]	P.R.GRIFFITHS and J. A.de HASETH. Fourier Transform Infrared Spectroscopy. Wiley, 1986.

[16]	M.Djedidi élaboration et caractérisation d'un matériau composite à base de céramique, chimie pharmaceutique, 2014
[17]	D. Ingrachen, D. Merabet, Utilisation des sous- produits siliceux du kaolin en vue de l'élaboration de matériaux électrochromes, thèse de doctorat, université A MIRA bejaia, (2015) p 45.
[18]	M.Moreau, C.Leclerc, Centre de Biologie du Développement, UMR 5547, Université Paul Sabatier, 118 route de Narbonne, 31062 Toulouse CEDEX 09 .



الفصل الرابع :
مناقشة النتائج

مناقشة النتائج

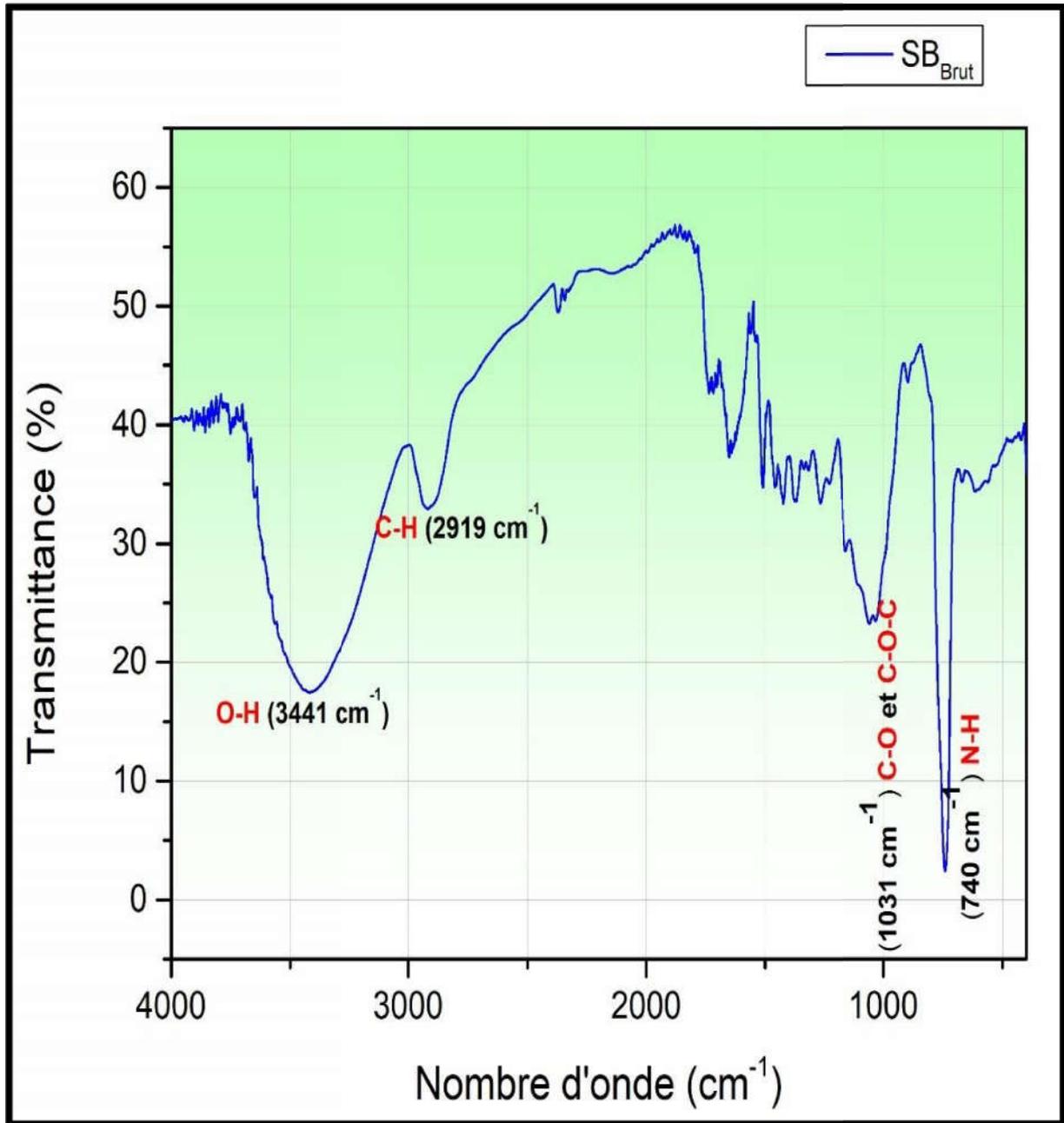
1.IV. الخصائص الفيزيائية والكيميائية:

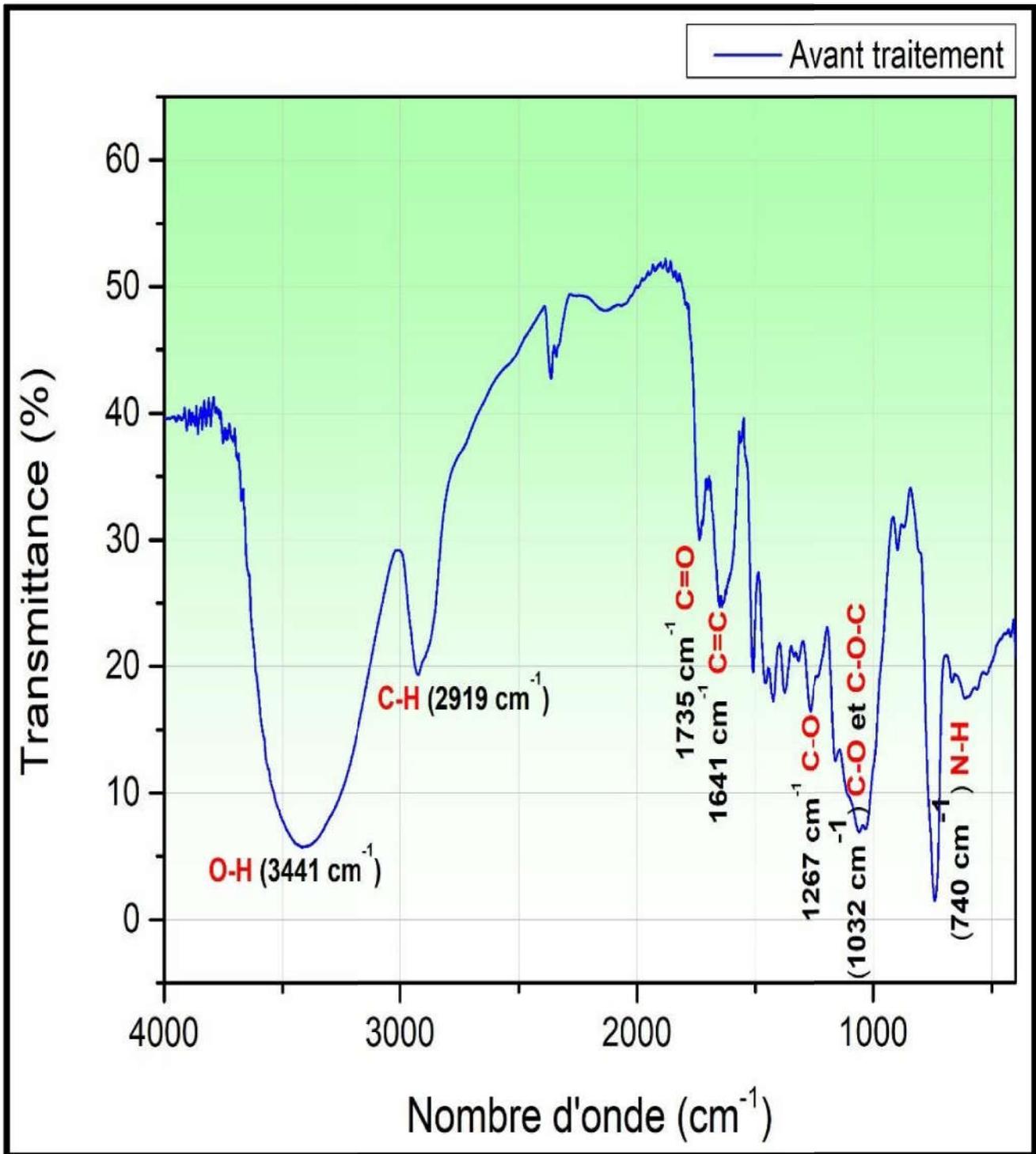
1.1.IV. دراسة نشارة الخشب المعالجة و غير المعالجة بواسطة طيف الأشعة ما تحت الحمراء FTIR:

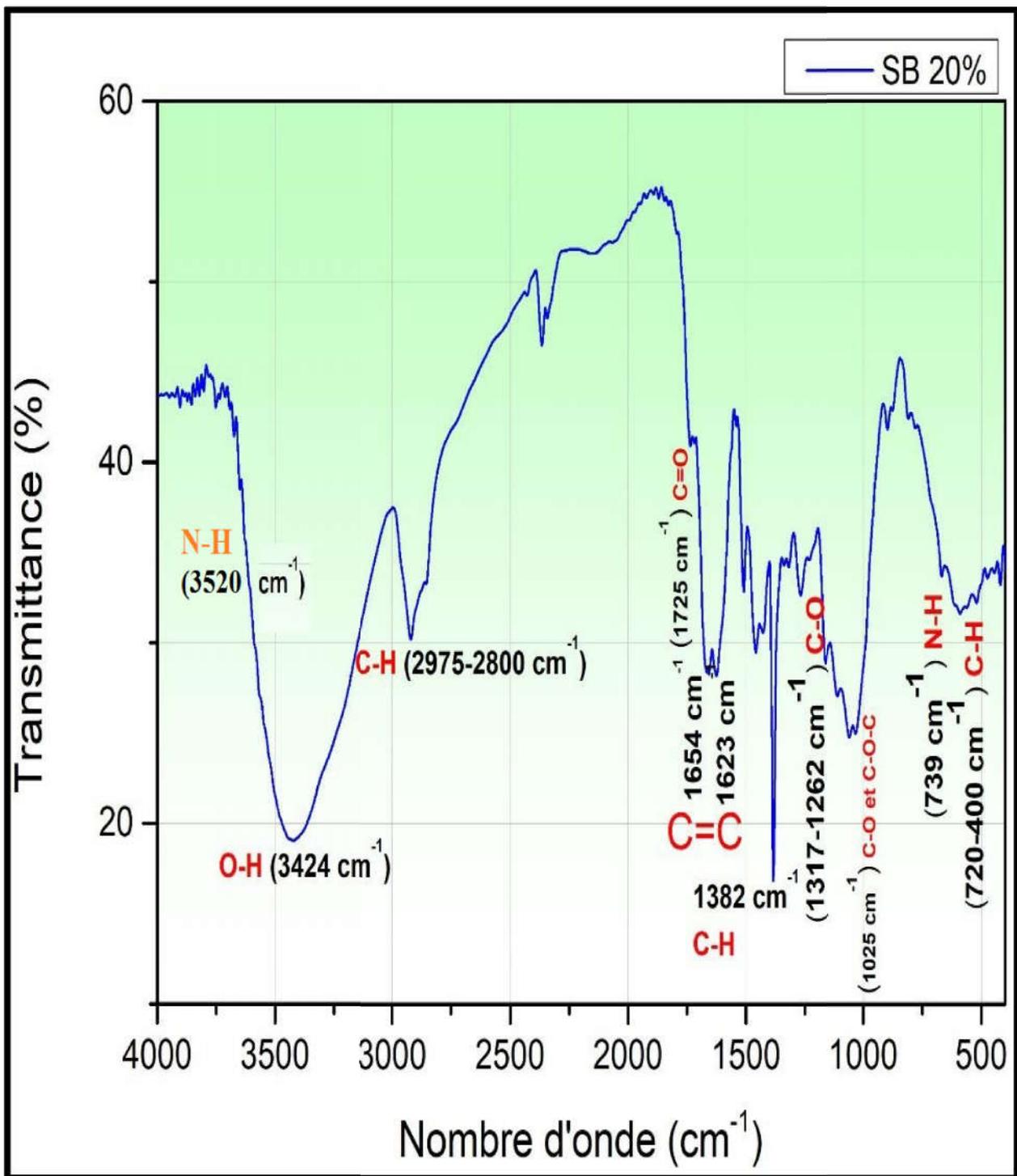
يوضح (الشكل 1.IV) الأطياف التي تم الحصول عليها من خلال تحليل الأشعة ما تحت الحمراء (FTIR) لعينات نشارة الخشب غير المعالجة والمعالجة (مع المعالجة الحمضية بنسبة 20% ومعالجة حمض بنسبة 50% ومعالجة حمض بنسبة 80%). تم تخصيص نطاقات الإهتزاز المميزة، وذلك وفقاً للبيانات الواردة في المراجع [1-2]، مع مراعاة الاختلافات الرئيسية بين أطيف الأشعة تحت الحمراء للمادة قبل العلاج وبعده. للوهلة الأولى، فإن أطيف الأشعة ما تحت الحمراء من نشارة الخشب غير المعالجة والمعالجة لها نفس المظهر ولكن مع انخفاض في شدة الإمتصاص، خاصة في حالة نشارة الخشب المعدلة إلى حمض (50% و 80%). قد يكون الإنخفاض في ذروة الشدة في أطيف نشارة الخشب المعالجة بسبب الدور المحفز لتفاعل نزع الماء الذي يمارسه حمض الكبريتيك. يمكن تنفيذ هذا التفاعل من خلال رحيل مجموعة OH والهيدروجين المجاور مما يؤدي إلى عدم التشبع ويؤدي إلى ظهور مجموعات $C = C$ [3]، وبالتالي فإن الزيادة في شدة حوالي 1660 سم⁻¹ يعزى إلى اهتزاز التكافؤ من الرابطة المزدوجة $C = C$ (لا سيما في أطيف 50% المعالجة الحمضية والمعالجة 80% حمض). تكشف جميع أطيف الأشعة ما تحت الحمراء عن وجود نطاق عريض حوالي 3330 سم⁻¹ يتوافق مع اهتزازات استطالة رابطة O-H للتركيبات العطرية والأليفاتية للفينول ومجموعة الخشبيين والسليولوز. يتوافق النطاق الذي يظهر بين 2800-2975 سم⁻¹ مع اهتزاز الإمتطاط غير المتماثل للرابطة C-H من السليولوز.

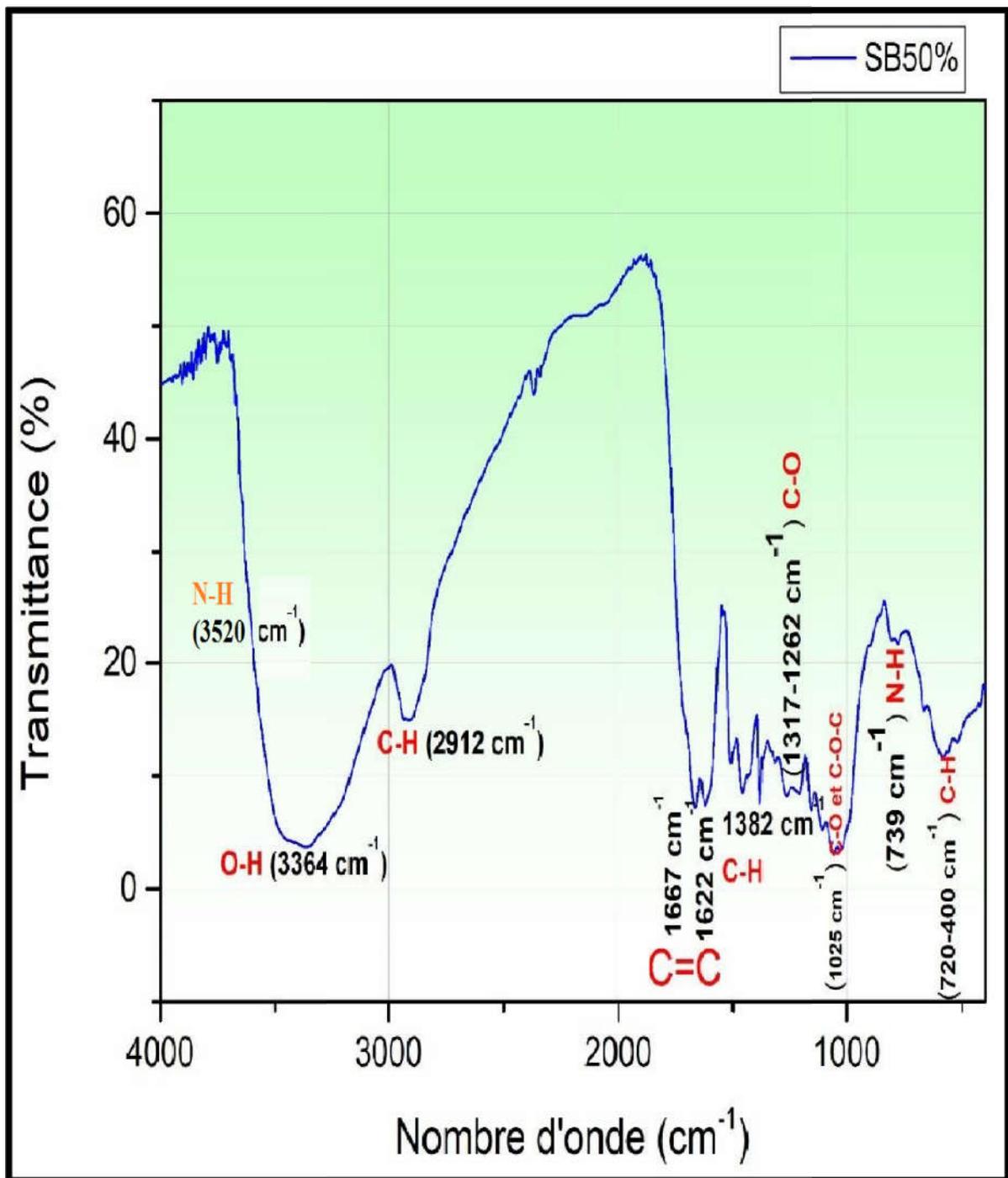
القمة حوالي 1725 سم⁻¹ هي سمة من اهتزاز التكافؤ من الأحماض الكربوكسيلية ($C = O$) و/ أو استرات القريلان، الموجودة في الخشبيين والنصف سيليلوز [4-5]، وقد اختفت هذه القمة بالكامل في أطيف نشارة الخشب المعالجة كيميائياً (50% حمض المعالجة و 80% حمض المعالجة) بسبب إلغاء معظم النصف سيليلوز. بالإضافة إلى ذلك، انخفضت شدتها في طيف نشارة الخشب المعالجة (50% المعالجة الحمضية)، وذلك بسبب الإلغاء الجزئي للنصف سيليلوز. بالإضافة إلى ذلك، فإن الإهتزاز عند 1508 سم⁻¹، الذي يعزى إلى تشوه ($C = C$) من الحلقات العطرية، 1317 سم⁻¹ و 1262 سم⁻¹ الخاص بالخشبيين⁻¹ يعزى إلى الاهتزاز (CO) لمجموعات الميثوكسي من الخشبيين، لا يبدو أنها تختلف في أطيف نشارة الخشب المعالجة، نسبة لاهتزاز OH في الهياكل العطرية (السليولوز والخشبيين). لذلك يمكننا أن نعتزف بأن الخشبيين لم تتأثر وأن النقصان، وحتى الإختفاء، لمركبات الكربونيل يتوافق مع إزالة النصف سيليلوز: جزئي في نشارة الخشب المعالجة (20% و 50% حمض المعالجة) والكل في نشارة الخشب المعالجة (80% حمض المعالجة). هذا الإختلاف مهم ويقترح أن التحلل المائي سيكون فعالاً في وجود حمض مركز. القمة في 1025 سم⁻¹ توافق مع اهتزازات التكافؤ لكل من C-O و C-O-C، من السليولوز [6]. القمة عند 894 سم⁻¹ والعصابات التي تظهر على التردد بين 720-400 سم⁻¹ هي سمة من سمات المجموعة C-H في السليولوز [2-7]. يتم ملاحظتها في طيف نشارة الخشب غير المعالجة وفي نشارة الخشب المعالجة. تمامًا كما يظهر الانخفاض الملحوظ في كثافة عصابة الامتصاص عند 889 سم⁻¹ في طيف نشارة الخشب المعالجة كيميائياً (المعالجة الحمضية بنسبة 50% ومعالجة

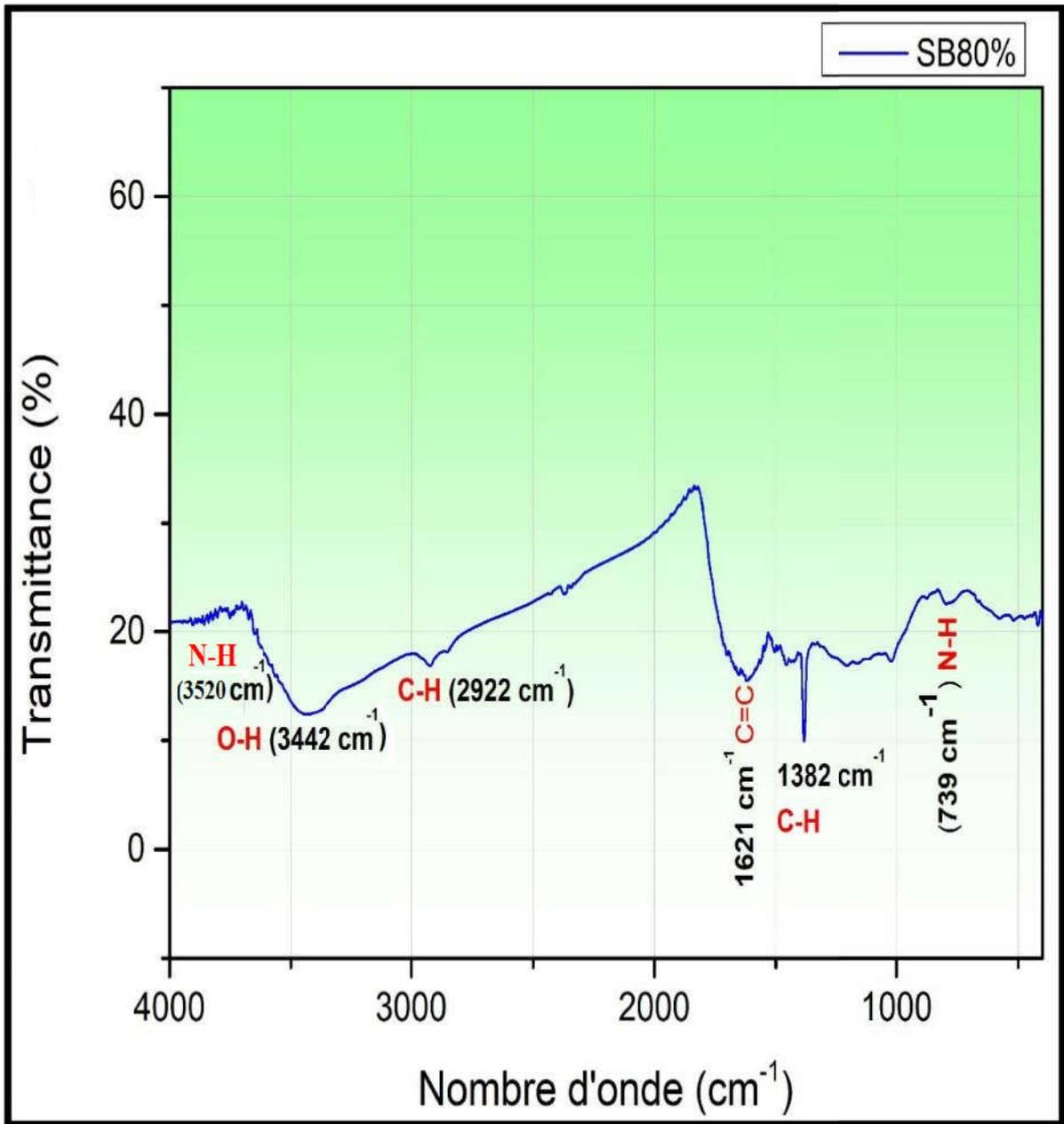
الأحماض بنسبة 80%) أن خشبنا المعدل أقل ثراءً في مجموعات الأستيل أو الأحماض الكربوكسيلية، ولم يعد يحتوي على النصف سيليلوز. إن شدة القمم المتعلقة بالمركبات الأخرى (الخشبين والسليلوز) قد تمت زيادتها في 1600 سم⁻¹ في طيف نشارة الخشب المعالجة كيميائياً (المعالجة الحمضية بنسبة 50% و80% حمض المعالجة). بالإضافة إلى ذلك، فإن التحليل بواسطة الأشعة ما تحت الحمراء لقياس الطيف جعل من الممكن تأكيد تطعيم مجموعة الأمين على السليلوز منذ الممتز في حوالي 3520 سم⁻¹، ويعزى ذلك إلى اهتزاز التكافؤ المتماثل للرابطة (NH)، لوحظ آخر في 739 سم⁻¹، ويعزى ذلك إلى اهتزاز تشوه خارج مستوى الاتصال (NH). لم يتم ملاحظة هذه الاهتزازات في طيف الأشعة ما تحت الحمراء للنشارة غير المعالجة.









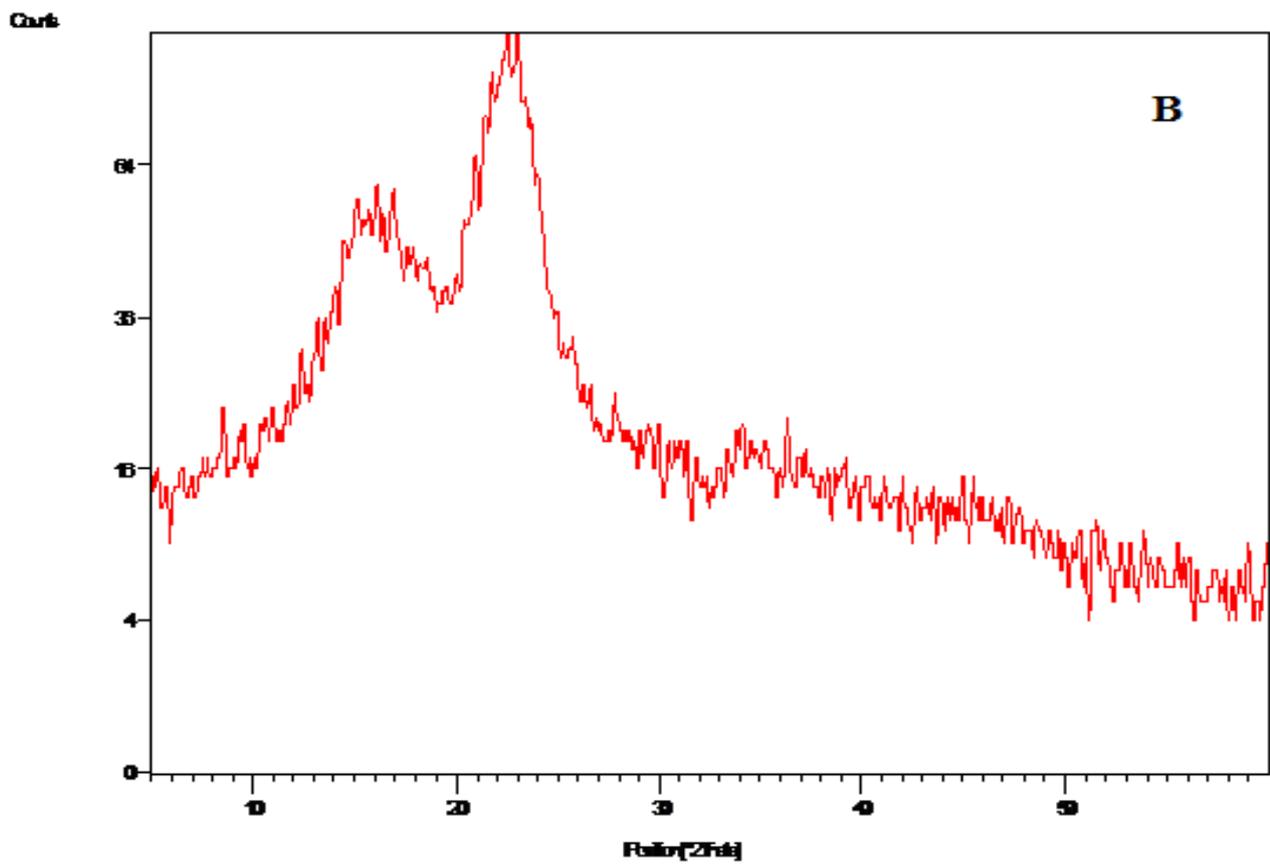
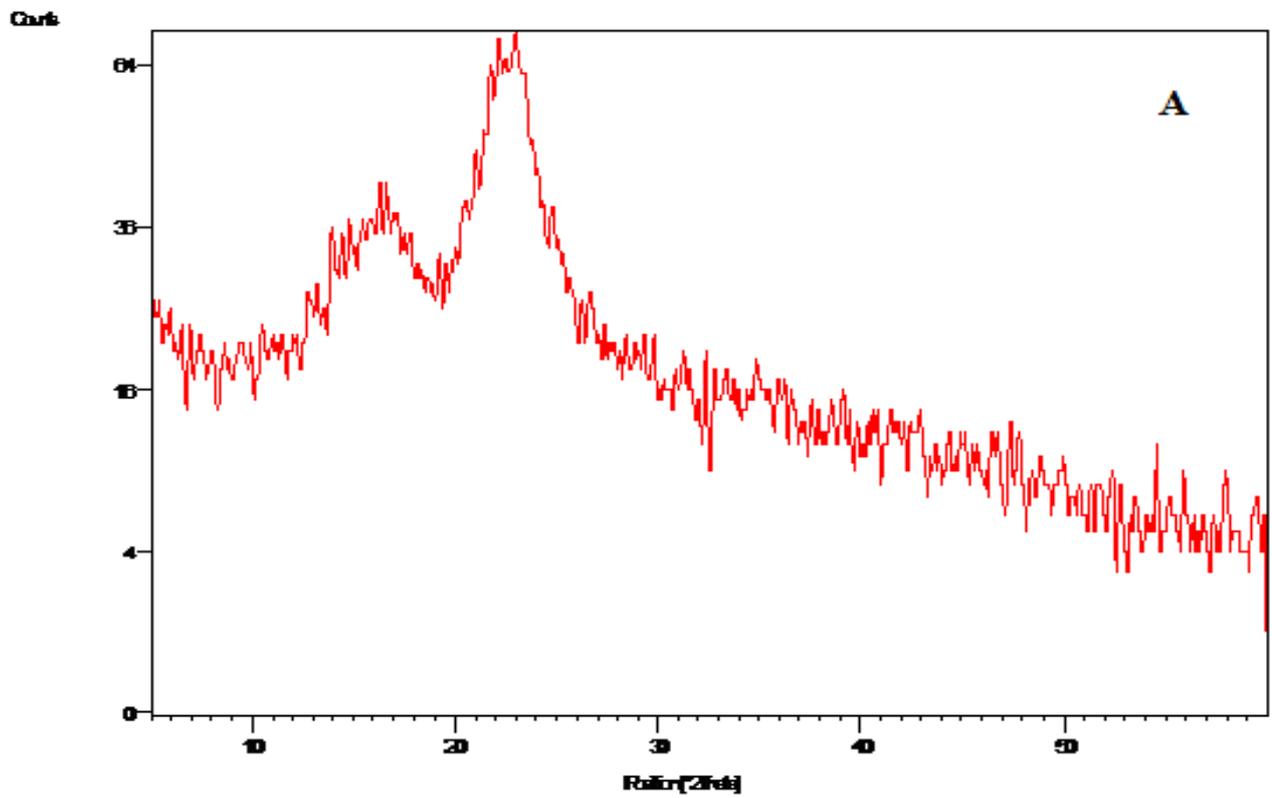


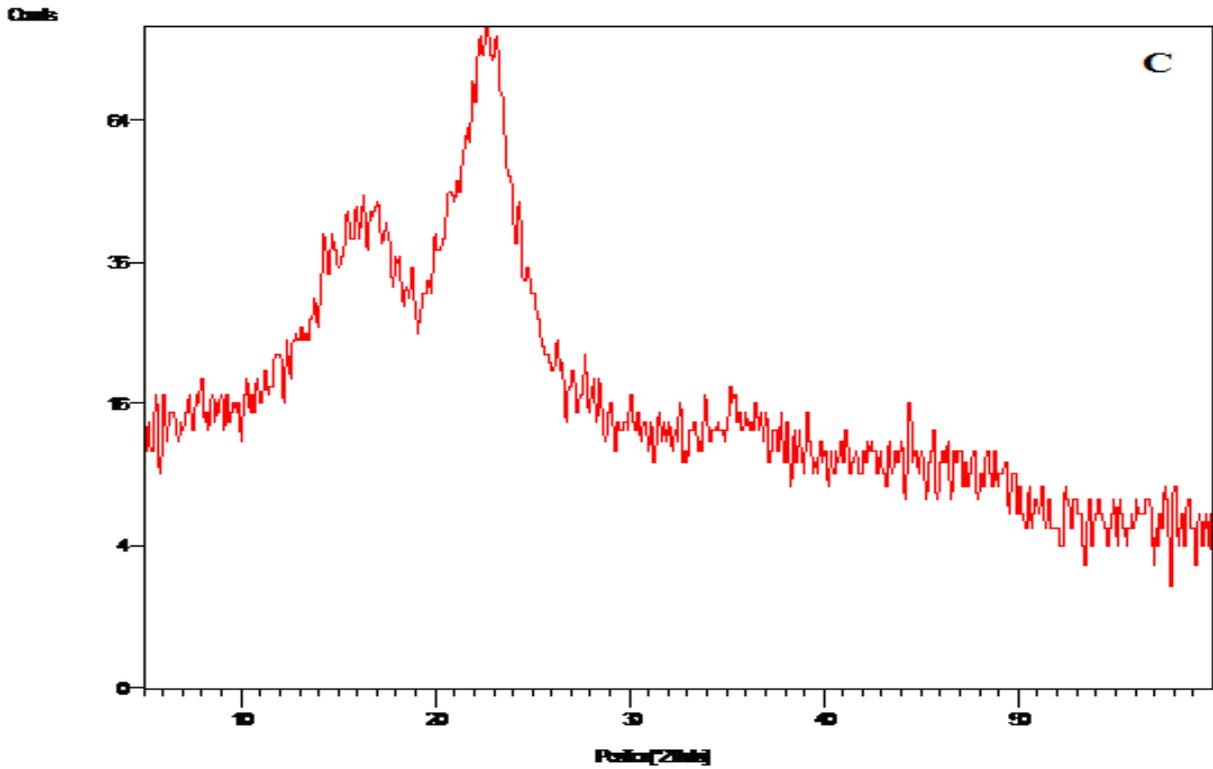
الشكل 1.IV. أطياف FTIR من نشارة الخشب المعالجة وغير المعالجة.

2.1.IV. دراسة نشارة الخشب المعالجة وغير المعالجة بواسطة حيود الأشعة السينية DRX :

يظهر. في (الشكل 2IV) منحنيات حيود الأشعة السينية لعينات نشارة الخشب الخام والمعدلة، ويبدو أن جميع العينات تقدم نموذج DRX من السليلوز، وهو شكل مميز من السليلوز الأصلي للمواد الخشبية [8-9].

تكشف هذه النتائج عن زيادة في مؤشر البلورة بعد المعالجة الكيميائية المطبقة على نشارة الخشب مما يؤدي إلى تحسين في ترتيب البلورات. تكون درجة تبلور السليلوز في العينات المعالجة أعلى من العينات الموجودة في نشارة الخشب الخام، نظرًا لانخفاض النصف سيليلوز أثناء المعالجة. تتوافق هذه الملاحظات مع ملاحظات Alemдар A et Sain [7] M التي أظهرت أعمالها أن مؤشر البلورة يزداد بعد المعالجة الكيميائية. ومع ذلك، فإن التحلل بنسبة 50% و 80% له تأثير على زيادة بلورة المادة، أكبر من التحلل المائي بنسبة 20% .





الشكل 2.IV. أطيف DRX من نشارة الخشب المعالجة و غير المعالجة.

A : نشارة قبل المعالجة B : نشارة معالجة 20 % C : نشارة معالجة 50 % , 80 %

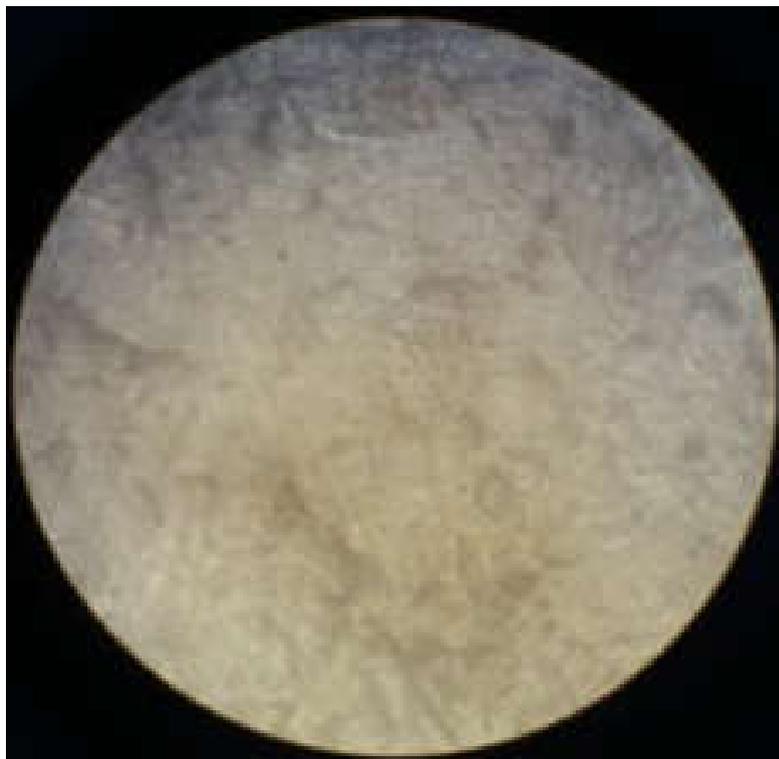
3.1.IV. دراسة نشارة الخشب المعالجة و غير المعالجة بواسطة المجهر الضوئي :

لتدعيم الدراستين السابقتين قمنا بدراسة عيناتنا بواسطة المجهر الضوئي، بهدف ملاحظة التغير على السطح الذي يتغير بتغيير المعالجة من أجل الفصل في التركيب المورفولوجي للمادة المحصل عليها. (الشكل 3.IV) يبين لنا سطح عينة من نشارة الخشب دون إزالة المستخلصات.

بعد إزالة المستخلصات كما هو موضح في (الشكل 4.IV) وبداية المعالجة (الشكل 5.IV) (الشكل 6.IV) (الشكل 7.IV)، نلاحظ بداية ظهور الفراغ بين الخلايا لتجاويف طولية مكشوفة وهي أنابيب أفقية تعرف باسم القصبيات التي تجعل آلية الإدمصاص ممكنة غيرها. وهذا راجع إلى تأثير التحلل المائي الحمضي، الذي تتعرض له المادة، التي يتحلل فيها النصف سيليلوز بعد إزالة المستخلصات. من المعروف أن القضاء على النصف سيليلوز يزيد من حجم المسام [10].



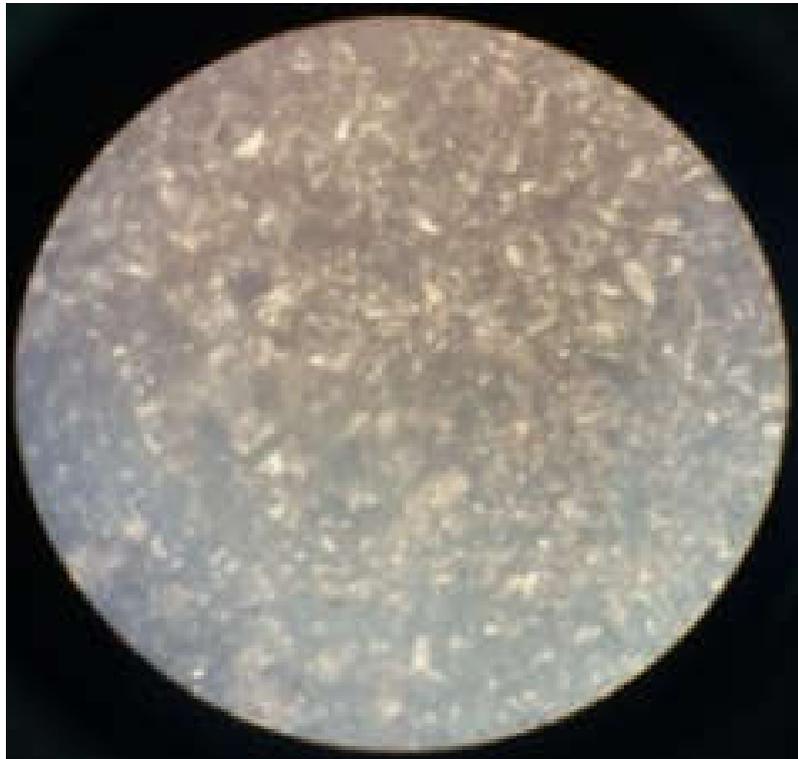
شكل 3.IV. نشارة الخشب دون معالجة.



الشكل 4.IV. نشارة الخشب بعد إزالة المستخلصات.



الشكل 5.IV. نشارة الخشب معالجة بنسبة 20%.



الشكل 6. IV. نشارة الخشب معالجة بنسبة 50%.



الشكل 7.IV. نشارة الخشب معالجة بنسبة 80 %.

4.1.IV. قياس السطح النوعي :

تم تحديد الأسطح المحددة كما هو مذكور في (جدول 01.IV) من نشارة الخشب عن طريق الإمتزاز باستخدام محلل حجم جزيئات Laser Malvern-Mastersizer 2000-Hydro. أظهرت النتائج أن السطح المحدد للخشب غير المعالج يصل إلى 2.55 م²/غ، بينما تبلغ مساحة الأخشاب المعالجة 6.14 م²/غ (في حالة المعالجة المعالجة عند 20 %، 32.8 م²/غ (في حالة المعالجة بنسبة 50%) و 40.6 م²/غ (في حالة المعالجة بنسبة 80%) تمنح هذه الزيادة في الأسطح المحددة قدرة امتصاص أكبر للمادة. ومع ذلك، نلاحظ أن الزيادة في السطح المحدد للمادة التي خضعت للتحلل المائي الحمضي المركز (80%) أكثر أهمية من تلك التي تحلل مع حمض مخفف بنسبة 20% و 80%.

إن هذه الزيادة في السطح النوعي تمنح لأي مادة قدرة عالية على الإمتزاز.

جدول 01.IV. السطح النوعي.

المادة	السطح النوعي (m ² /g)
SB Brut	2.55
SB 20%	6.14
SB 50%	32.8
SB 80%	40.6

2.IV. الخاتمة:

إن التعديل بواسطة المعالجة الكيميائية على المادة الخشبية جعل من الممكن التخلص من نصف السيليلوز وتحسين ترتيب البلورات في البنية المجهرية للمادة، مما يؤدي إلى إعادة ترتيب القصبات الطولية في الهيكل والترتيب المنتظم وهذه الخاصية تزداد بازدياد تركيز الحمض المستخدم في التحلل المائي. إذن نستنتج أنه يمكن تثمين نشارة الخشب المعدلة، لاستعمالها في إمتزاز الملوثات من المياه المستعملة.

المراجع الببليوغرافية

[1]	L.Tolvaj,O. Faix, Holzforschung. 49(5) 397-404(1995).
[2]	A.K. Rana,R.K.Basak.B.C.Mitra,M. Lawther,A.N.Banerjee, J. ApplPolymSci. 64(8) 1517-1523(1997).
[3]	J.Guo; A.C.Lua, Transaction IChemE: Chemical Engineering Research& Design.
[4]	A.Part, UK, 585-590(2003).
[5]	A. C. O'Sullivan., Cellulose. 4(3) 173-207(1997).
[6]	Elabed, Thèse de doctorat de l'Université Mohammed V- Agdal, Rabat, Maroc (2007).
[7]	A.Alemdar,M.Sain, BioresourTechnol. 99 1664-71(2008).
[8]	L.Segal,J.J.Creely, A.E.Martin, C.M.Conrad, Textile Research Journal. 29 786-794(1959).
[9]	N.E.Marcovich,M.M.Reboredo, M.I.Aranguren, J. Appl. Polym. Sci. 61(1) 119-124(1996).

❖ الجزء الثاني من دراسة النتائج
(الإمتزاز) لم يسعنا الوقت لإستكمال
هذا الجزء المهم و ذلك للظروف
الصحية التي تمر بها البلاد.

الخلقة



الختمة

أتاح التعديل الكيميائي للمادة السليلوزية على أساس نشارة الخشب (خشب الصنوبر) القضاء على النصف سيليلوز وتحسين ترتيب البلورات في البنية المجهرية للمادة، مما يؤدي إلى إعادة ترتيب القصبيات الطولية مع هيكل مسامي موحد وترتيب متدرج، مما يشجع على زيادة في التبلور والسطح النوعي للمادة. هذا التأثير على البنية المجهرية للمادة المعدلة يكون أكبر كلما زاد تركيز الحمض المستخدم في التحلل المائي الأولي. يمكننا أن نستنتج أن نشارة الخشب المعدلة بهذه الطريقة يمكن تثمينها وإيجاد تطبيق امتزاز محتمل في مجال التحكم في تلوث مياه الصرف الصحي.

ملخص: يمكن تميم المخلفات الخشبية الخلية في معالجة مياه الصرف الصحي، كمادة ماصة

نظيفة وطبيعية ومنخفضة التكلفة. في هذه الدراسة، يتكون منهجنا من تطوير التحضير والتوصيف بطرق فيزيائية كيميائية، لمادة ماصة من نشارة الخشب. تشمل عملية تحضير المادة الممتصة على غربلة نشارة الخشب، واستخراج الأجزاء القابلة للاستخراج، والمعالجة المسبقة بحمض الكبريتيك H₂SO₄ (20% و 50% و 80%) كعامل تنشيط، تليها المعالجة الكيميائية باستخدام اليوريا عن طريق تفاعل التطعيم. يتم فحص التعديل الكيميائي، الذي يعمل على تحسين قدرة الإمتزاز للمادة باستخدام وسائل التحليل: طريقة تحويل الأشعة ما تحت الحمراء (FTIR) وانعكاس الأشعة السينية (DRX) (فهرس البلورية) وقياسات أسطح محددة. تسبب التعديل الكيميائي للمواد الخشبية الخلية في القضاء على النصف سيليلوز، مما أدى إلى إنشاء بنية دقيقة جديدة، خاصة في حالة التحلل المائي بنسبة 50% و 80% ، لصالح زيادة قدرتها على الإمتزاز المحتملة.

الكلمات المفتاحية: نشارة الخشب، صنوبر، قدرة التبن، التنشيط الكيميائي، التوصيف.

Résumé: Les résidus lignocellulosiques peuvent être valorisés dans le traitement des eaux usées comme adsorbants propres, naturels et à faible coût. Dans la présente étude, notre démarche consiste à développer la préparation et la caractérisation par des méthodes physicochimiques, d'un matériau adsorbant, à partir de sciures de mélange de bois rouge et dur. La préparation du matériau adsorbant comporte le tamisage de la sciure de bois, l'extraction des extractibles, un prétraitement à l'acide sulfurique H₂SO₄ (à 10% à 40% et à 60%) comme agent d'activation, suivi d'un traitement chimique à l'urée par réaction de greffage. La modification chimique, qui sert à améliorer la capacité d'adsorption du matériau, est vérifiée à l'aide de moyens d'analyse : l'Infra Rouge à Transformée de Fourier (FTIR), la Diffraction des Rayons X (DRX) (Indice de cristallinité) et la mesure des surfaces spécifiques. La modification chimique du matériau lignocellulosique a induit une élimination des hémicelluloses, qui s'est traduite par l'apparition d'une nouvelle microstructure, particulièrement dans le cas de la pré-hydrolyse acide à 40% et à 60%, en faveur d'accroître sa capacité potentielle d'adsorption.

Mots clés: Sciure de bois, capacité d'adsorption, activation chimique, caractérisation.