

جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم الدقيقة
قسم علوم المادة



مذكرة ماستر

علوم المادة
فيزياء
المادة المكثفة

رقم: أدخل رقم تسلسل المذكرة

إعداد الطالب:
بوعزيز أميمة
يوم: 03/06/2025

معالجة المياه الملوثة بواسطة الكربون المنشط المحضر من أعناق نخيل (كرناف) مش دقلة

لجنة المناقشة:

رئيس	جامعة محمد خيضر بسكرة	أ. مح أ	الأستاذة بودور بريزة
مقرر	جامعة محمد خيضر بسكرة	أ. مح أ	الأستاذ بلعمري جمال
مناقش	جامعة محمد خيضر بسكرة	أ. مح أ	الأستاذة حرابي أسماء

السنة الجامعية : 2024-2025

شكر وعرفان

في البداية وقبل كل شيء... نشكر الله عز وجل ونحمده على منحنا الشجاعة والإرادة لإتمام هذا العمل فالحمد

لله حمدا كثيرا

نتقدم بجزيل الشكر والتقدير في المقام الأول الى أستاذي ومشرفي **جمال بلعمري**، على توجيهاته وتشجيعاته

المستمرة ونصائحه الثمينة التي ساعدتني في إنجاز هذا العمل.

كما أشكر كل من ساهم في هذا المشروع، بالأخص الدكتورة **نوال بن يحيى** وطالبة الدكتوراه **سمية مسعود** على

جهودهم، وكل طاقم مختبر الفيزياء الفوتونية والنانو مترية متعددة الوظائف (LPPNM) ومختبر الفيزياء

والكيمياء التربوية بجامعة محمد خيضر.

كما نود أن أشكر أعضاء لجنة التحكيم لقبولهم تقييم هذا العمل:

"الدكتورة **بودور بريزة**" و "الدكتورة **حرايبي أسماء**"

في الختام، لا أنسى أن أشكر عائلتي التي دعمتني طوال مسيرتي الأكاديمية.

وفي النهاية، أود أن أشكر كل من قدم لي يد المساعدة لإنجاز هذا العمل

الإهداء

(وأخِرِ دَعْوَاهُمْ أَنْ الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّي الْعَالَمِينَ)

الحمد لله عند البدء وعند الختام

الحمد لله الذي بنوره تستنير الطرقات وبفضله تتساقط عوائق الترح، وتثمر المحاولات الحمد لله عدد ما خط بالقلم وعدد ما نطق بالحروف وعدد ما تردد صدی العلم في أروقة الزمن، بفضل الله أتممت مسيرتي الجامعية

أهدي تخرجي هذا إلى الذي زين أسمى بأجمل الألقاب، من دعمني بلا حدود وأعطاني بلا مقابل إلا من علمني أن الدنيا كفاح وسلاحها العلم والمعرفة، الى من غرس في روحي مكارم الأخلاق داعمي الأول في مسيرتي وسندي وقوتي وملاذي بعد الله..إلى

فخري واعتزازي. **والله العزیز**

وإلى من جعل الله الجنة تحت أقدامها واحتضني قلبها قبل يدها وسهلت لي الشدائد بدعائها إلى القلب الحنون والشمعة التي كانت لي في الليالي المظلمات، الى التي علمتني معنى الصبر والإصرار، سر قوتي ونجاحي

ومصباح دربي الى وهج حياتي. **أمي الغالية**

وإلى من كانوا لصوتي صدی ولقوتي ظهرا، ولضعفي مرفأ أمان الى من اقتسموا معي أعباء هذا الطريق وكانوا لي الوطن حين شعرت بالغبية بين الأهداف.

أخواتي: **بسمة، الهام، سعاد، نوال**

إخوتي: **مولود، عبد السلام**

الى رفيقة دربي وصديقتي الى من ساندتني في ضعفي وقوتي وكانت بجانبني في كل حين رغم بعد المسافة

بيننا. **فاطمة الزهراء جوادي**

الى صديقتي اللواتي قدموا لي الدعم والمساعدة دون تردد في كل وقت: **أميرة، مريم، بتول، دعاء**

الى صديقات الجامعة: **ميّار، رانيا**

من قال أنا لها نالها

أميمة بوغازيز

الفهرس

شكر وعرفان.....	1
الإهداء	1
قائمة الأشكال:	1
قائمة الجداول:.....	1
قائمة الاختصارات:	1
مقدمة عامة:	1
الفصل الأول: عموميات حول الكربون المنشط والامتزاز وتلوث المياه ومخلفات النخيل	
1. مقدمة :	3
1.1. تاريخ الكربون المنشط:	3
2.1. تعريف الكربون المنشط (CA):	5
1.2.1. التركيب الجزيئي والبلوري للكربون المنشط:	6
3. تصنيف الكربون المنشط :	8
1.3.1. الكربون المنشط المسحوق (CAP):	8
3.2. الكربون المنشط الحبيبي (CAG):	9
3.3.1. الكربون المنشط المقذوف (ACE) :	10
4.3.1. الكربون المنشط المغلف بالبولىميرات (PCAC) :	10
5.3.1. الكربون المنشط بشكل مناخل جزيئية (CMS):	11
6.3.1. الياف الكربون المنشط (ACF):	11
4- تحضير الكربون المنشط:	12
1.4.1. المواد الخام:	12
2.4.1. الكرينة :	13

14	3.4.1. التنشيط:
14	1.3.4.1. التنشيط الفيزيائي:
15	2.3.4.1. التنشيط الكيميائي:
16	5.1. خصائص الكربون المنشط:
16	1.5.1. الخصائص الفيزيائية:
17	2.5.1. الخصائص الكيميائية:
17	6.1. طرق إعادة التنشيط:
18	7.1. الامتزاز :
18	1.7.1. تعريف الامتزاز:
19	2.7.1. أنواع الامتزاز :
19	1.2.7.1. الامتزاز الفيزيائي:
20	2.2.7.1. الامتزاز الكيميائي:
21	3.7.1. آلية الامتزاز :
21	4.7.1. العوامل المؤثرة على الامتزاز :
22	1.4.7.1. العوامل المتعلقة بالمازات:
22	2.4.7.1. العوامل المتعلقة بالامتزازات:
22	3.4.7.1. العوامل المتعلقة بالفيزيوكيميائية للمحلول:
23	5.7.1. الامتزاز على الكربون المنشط :
23	8.1. تلوث المياه :
23	1.8.1. تعريفه:
24	2.8.1. مصادر تلوث المياه:
24	3.8.1. أنواع تلوث المياه :

- 24.....1.3.8.ا. التلوث الفيزيائي:
- 25.....2.3.8.ا. التلوث الكيميائي:
- 25.....3.3.8.ا. التلوث البيولوجي:
- 25.....9.ا. مخلفات شجرة نخيل التمر :
- 25.....1.9.ا. تاريخ واصل شجرة النخيل التمر:
- 26.....2.9.ا. التوزيع الجغرافي لنخيل التمر:
- 26.....1.2.9.ا. في العالم:
- 26.....2.2.9.ا. في الجزائر:
- 27.....3.2.9.ا. في بسكرة:
- 27.....3.9.ا. بنية شجرة النخيل:
- 28.....4.9.ا. تعريف مخلفات النخيل:
- 28.....1.4.9.ا. اعناق النخيل(الكرناف):
- 29.....5.9.ا. التركيبية العضوية لمخلفات النخيل:
- 29.....1.5.9.ا. السيليلوز:
- 30.....2.5.9.ا. اللجنين:
- 31.....3.5.9.ا. الهيميسيليلوز:

الفصل : المواد وطرق العمل التحريبي

- 32.....1.ا. مقدمة :
- 32.....2.ا. المواد والمحاليل المستعملة :
- 32.....1.2.ا. حمض الفوسفوريك:
- 33.....1.1.2.ا. خصائص حمض الفوسفوريك :
- 34.....2.2.ا. أزرق الميثيلين BM :

- 1.2.2.ii. الخصائص الفيزيائية والكيميائية (89): 35.....
- 3.ii طرق ومعدات التوصيف : 35.....
- 1.3.ii. المادة الأولية: 35.....
- تتألف المادة الخام (المادة الأولية) من أعناق النخيل من نوع مش دقلة وقد تم الحصول عليها من مزارع النخيل في منطقة بسكرة. 35.....
- 2.3.ii. تحضير الكربون المنشط من أعناق النخيل: 36.....
- 1.2.3.ii. الطحن: 36.....
- 2.2.3.ii. الكرينة: 37.....
- 3.2.3.ii. عملية تحليل العينات بالأشعة تحت الحمراء: 38.....
- 4.2.3.ii. عملية تنشيط الفحم الناتج: 40.....
- 5.2.3.ii. تحضير محلول ازرق المثيلين (BM): 43.....
- 6.2.3.ii. مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئي (UV-Vis): 45.....

الفصل الثالث: تحليل ومناقشة النتائج

- iii. مقدمة : 47.....
- 1.iii. توصيف العينات باستخدام التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (IR): 47.....
- 1.1.iii. طيف الأشعة تحت الحمراء للكربون CA : 48.....
- 2.iii. توصيف العينات بواسطة أطيف الأشعة فوق البنفسجية و المرئية UV-VIS: 52.....
- 1.2.iii. معدل الترشيح : 60.....
- الخاتمة العامة: 71.....
- قائمة المراجع: 72.....

الملخص

قائمة الأشكال:

6	تركيب الجرافيت	الشكل (1.أ)
7	تركيب الكربون المنشط	الشكل (2.أ)
8	تركيب المسامات في الكربون المنشط	الشكل (3.أ)
9	الكربون المنشط المسحوق	الشكل (4.أ)
9	الكربون المنشط الحبيبي	الشكل (5.أ)
10	الكربون المنشط المقذوف	الشكل (6.أ)
10	الكربون المنشط المغلف بالبوليمرات	الشكل (7.أ)
11	الكربون المنشط بشكل مناخل جزيئية	الشكل (8.أ)
12	ألياف الكربون المنشط	الشكل (9.أ)
19	تمثيل امتزاز المادة الممتزة على سطح المادة المازة	الشكل (10.أ)
20	الامتزاز الفيزيائي	الشكل (11.أ)
21	الامتزاز الكيميائي	الشكل (12.أ)
21	مخطط مبسط لعملية الامتزاز	الشكل (13.أ)
26	التوزيع الجغرافي لنخيل التمر في العالم	الشكل (14.أ)
27	خريطة الجزائر توضح المناطق المختلفة لزراعة النخيل	الشكل (15.أ)
28	صورة لبنية شجرة النخيل	الشكل (16.أ)
29	أعناق ورقية جافة (كرناف)	الشكل (17.أ)
30	رسم توضيحي للبنية الكيميائية للسيليلوز	الشكل (18.أ)
30	البنية الكيميائية للجنين	الشكل (19.أ)
31	البنية الكيميائية للهميسيليلوز	الشكل (20.أ)
32	بنية حمض الفوسفوريك	الشكل (1.ب)
34	مسحوق وبنية أزرق الميثيلين BM	الشكل (2.ب)
35	الصيغة الكيميائية لأزرق الميثيلين	الشكل (3.ب)
36	صورة لنخلة مش دقلة بولاية بسكرة	الشكل (4.ب)
36	اعناق النخيل (الكرناف)	الشكل (5.ب)
36	ألة الطحن	الشكل (6.ب)

36	مسحوق اعناق النخيل (كرناف)	الشكل (7.ii)
37	الفرن الكهربائي من الخارج	الشكل (8.ii)
37	الفرن الكهربائي من الداخل	الشكل (9.ii)
37	كربنة العينات	الشكل (10.ii)
38	مسحوق العينة قبل وبعد عملية الكربنة	الشكل (11.ii)
39	مطياف الأشعة تحت الحمراء FT-IR	الشكل (12.ii)
39	وزن 0.3g من KBr و 0.001g من الكربون المنشط	الشكل (13.ii)
39	طحن العينات بواسطة الهاون	الشكل (14.ii)
39	وضع المسحوق في جهاز ضغط يدوي هيدروليكي من Specac	الشكل (15.ii)
39	قرص مُشكّل من الكربون المنشط وبروميد البوتاسيوم (KBr)	الشكل (16.ii)
39	وضع العينات في مطياف الأشعة تحت الحمراء (FT-IR)	الشكل (17.ii)
40	فرن التجفيف الكهربائي (étuve)	الشكل (18.ii)
40	محرك مغناطيسي	الشكل (19.ii)
41	ميزان الكتروني	الشكل (20.ii)
41	محلول حمض الفوسفوريك.	الشكل (21.ii)
42	محلول حمض فوسفوريك مخفف.	الشكل (22.ii)
43	خطوات إعادة تنشيط الفحم الناتج بعد الكربنة.	الشكل (23.ii)
43	محلول أزرق الميثيلين (BM).	الشكل (24.ii)
44	مراحل ترشيح محلول أزرق الميثيلين .	الشكل (25.ii)
45	مجال الأشعة فوق البنفسجية - المرئية (UV-VIS)	الشكل (26.ii)
46	مطياف الأشعة فوق البنفسجية - المرئية (UV-VIS)	الشكل (27.ii)
48	منحنى الأشعة تحت الحمراء لمسحوق الكربون الغير منشط لكرناف مش دقلة عند درجات حرارة كربنة مختلفة (200م°-900م°)	الشكل (1.iii)
49	منحنى الأشعة تحت الحمراء لمسحوق الكربون منشط لكرناف مش دقلة عند درجات حرارة كربنة مختلفة (200م°-900م°)	الشكل (2.iii)
52	منحنى الامتصاصية كدالة لطول الموجي	الشكل (a.3. iii)
53	منحنى المعايرة لمحلول أزرق الميثيلين (BM)	الشكل (b.3. iii)
53	تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) على كفاءة المادة المازة CA (مش دقلة MD) 200م°	الشكل (4.iii)
54	تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) على كفاءة المادة المازة CA	الشكل (5.iii)

	(مش دقلة MD) 300°م	
54	تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) على كفاءة المادة المازة CA (مش دقلة MD) 400°م	الشكل (6. III)
55	تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) على كفاءة المادة المازة CA (مش دقلة MD) 500°م	الشكل (7. III)
55	تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) على كفاءة المادة المازة CA (مش دقلة MD) 600°م	الشكل (8. III)
56	تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) على كفاءة المادة المازة CA (مش دقلة MD) 700°م	الشكل (9. III)
56	تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) على كفاءة المادة المازة CA (مش دقلة MD) 800°م	الشكل (10. III)
57	تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) على كفاءة المادة المازة CA (مش دقلة MD) 900°م	الشكل (11. III)
58	تأثير درجة الحرارة على كفاءة الكربون المنشط CA المستخلص من (مش دقلة MD) في محلول يحتوي على صبغة الميثيلين الأزرق BM (10ppm).	الشكل (12. III)
58	تأثير درجة الحرارة على كفاءة الكربون المنشط CA المستخلص من (مش دقلة MD) في محلول يحتوي على صبغة الميثيلين الأزرق BM (20ppm).	الشكل (13. III)
59	تأثير درجة الحرارة على كفاءة الكربون المنشط CA المستخلص من (مش دقلة MD) في محلول يحتوي على صبغة الميثيلين الأزرق BM (30ppm).	الشكل (14. III)
59	تأثير درجة الحرارة على كفاءة الكربون المنشط CA المستخلص من (مش دقلة MD) في محلول يحتوي على صبغة الميثيلين الأزرق BM (40ppm).	الشكل (15. III)
61	أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (200°م)	الشكل (16. III)
62	أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (300°م)	الشكل (17. III)
63	أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (400°م)	الشكل (18. III)
64	أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (500°م)	الشكل (19. III)
65	أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (600°م)	الشكل (20. III)
66	أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (700°م)	الشكل (21. III)
67	أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (800°م)	الشكل (22. III)
68	أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (900°م)	الشكل (23. III)

69	أعمدة بيانية تظهر كفاءة الترشيح لأزرق الميثيلين (BM) عند درجات حرارة مختلفة لتركيز (40ppm)	الشكل (24.iii)
----	--------------------------------------------------------------------------------------------	----------------

قائمة الجداول:

7	نوع المسامات وقطرها	الجدول(1.ا):
13	خصائص المواد الخام المختلفة التي تستخدم في تصنيع الكربون المنشط	الجدول(2.ا):
33	الخصائص الفيزيائية الرئيسية لحمض الفوسفوريك	الجدول(1.ب):
35	الخصائص الفيزيائية-الكيميائية للأزرق الميثيلين	الجدول(2.ب):
47	النطاقات الطيفية المميزة لطيف الأشعة تحت الحمراء	الجدول(1.ج):
60	تركيز الصبغة المتبقي، والمُرشَّح، والممتزّ، وكفاءة الإزالة عند (200°م)	الجدول(2.ج):
61	تركيز الصبغة المتبقي، والمُرشَّح، والممتزّ، وكفاءة الإزالة عند (300°م)	الجدول(3.ج):
62	تركيز الصبغة المتبقي، والمُرشَّح، والممتزّ، وكفاءة الإزالة عند (400°م)	الجدول(4.ج):
63	تركيز الصبغة المتبقي، والمُرشَّح، والممتزّ، وكفاءة الإزالة عند (500°م)	الجدول(5.ج):
64	تركيز الصبغة المتبقي، والمُرشَّح، والممتزّ، وكفاءة الإزالة عند (600°م)	الجدول(6.ج):
65	تركيز الصبغة المتبقي، والمُرشَّح، والممتزّ، وكفاءة الإزالة عند (700°م)	الجدول(7.ج):
66	تركيز الصبغة المتبقي، والمُرشَّح، والممتزّ، وكفاءة الإزالة عند (800°م)	الجدول(8.ج):
67	تركيز الصبغة المتبقي، والمُرشَّح، والممتزّ، وكفاءة الإزالة عند (900°م)	الجدول(9.ج):
68	تركيز الصبغة المتبقي، والمُرشَّح، والممتزّ، وكفاءة الإزالة عند درجات حرارة الكربنة مختلفة لعينات مختلفة.	الجدول(10.ج):

قائمة الاختصارات:

مش دقلة	MD
الكربون المنشط	CA
الكربون المنشط المسحوق	CAP
الكربون المنشط الحبيبي	CAG
الكربون المنشط المقذوف	ACE
الكربون المنشط المغلف بالبوليمرات	PCAC
الكربون المنشط بشكل مناخل جزيئية	CMS
ألياف الكربون المنشط	ACF
حمض الفوسفوريك	H ₃ PO ₄
أزرق الميثيلين	BM
الأس الهيدروجيني	PH
معدل امتصاص المحلول بعد الترشيح بالفحم النشط	C _{BM}
تركيز صبغة BM في المحلول الابتدائي	C ₀
التركيز النهائي	C _f
الحجم النهائي	V _f
تركيز المحلول الأم	C _m
حجم المحلول الأم	V _m

مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية FT-IR

مطياف الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه UV-vis

مقدمة عامة:

تعتبر المياه أساس الحياة على كوكب الأرض، فهي تدخل في جميع مجالات الحياة اليومية لكائنات الحية، من الشرب والري إلى الاستخدامات الطبية والصناعية، مما يجعل الحفاظ عليها ضرورة قصوى، ومع زيادة نشاطات الإنسان والتوسع الصناعي والزراعي، أصبحت مشكلة تلوث المياه من أخطر التحديات التي تواجه البيئة وتهدد صحة وحياة الإنسان، (فالمخلفات الكيميائية ومياه الصرف الصحي والمعادن الثقيلة والمبيدات... الخ) تعد من الملوثات التي تنتقل لمصادر المياه الصحية وتؤثر سلباً على نوعيتها وجودتها. في ظل تزايد الطلب على المواد المازة المستخدمة في تقنيات حماية البيئة، تتركز الجهود البحثية المعاصرة على تطوير طرق بديلة لإنتاج الكربون المنشط باستخدام المخلفات الطبيعية، لاسيما النفايات النباتية. وتعد هذه النفايات خياراً واعداً نظراً لتوفرها الواسع، وانخفاض تكلفتها، وطبيعتها المتجددة والصدقية للبيئة. وفي هذا السياق، تناولت هذه الدراسة إمكانية إنتاج الكربون المنشط من مخلفات زراعية بهدف استخدامه في تطبيقات معالجة المياه [1]. الكربون المنشط معروف جداً ويستخدم على نطاق واسع في العالم الصناعي. وهي مواد كربونية مسامية ناتجة عن الانحلال الحراري للكتلة الحيوية، والتي تخضع بعد ذلك لتنشيط يمنحها بنية مسامية داخلية متطورة للغاية. تسمح دراسة ظروف الانحلال الحراري (طبيعة الكتلة الحيوية، درجة الحرارة، معدل التسخين) والتنشيط (الفيزيائي والكيميائي) بتحسين المسامية (من حيث المساحة السطحية المحددة وحجم وعدد المسام) [2]

يُعد الامتزاز تقنية رائدة في معالجة المياه والبيئة، حيث يمثل خياراً فعالاً لإزالة الملوثات العضوية والمعدنية على حد سواء. وتعود جاذبية هذه الطريقة إلى كفاءتها العالية في التقاط الملوثات، وسهولة تطبيقها العملي على نطاق واسع، بالإضافة إلى انخفاض التكاليف الاستثمارية والتشغيلية مقارنة بالتقنيات الأخرى. ومع ذلك، فإن الأداء الأمثل لعملية الامتزاز يتطلب اختياراً دقيقاً للمادة المازة، مع الأخذ في الاعتبار خصائصها الفيزيائية والكيميائية الهامة، والتي تشمل مساحة سطحية نوعية مرتفعة لتوفير مواقع امتزاز كافية، وتوافرها بكميات مناسبة لضمان الاستدامة، وتكلفتها المنخفضة لتعزيز الجدوى الاقتصادية، فضلاً عن تقليل تأثيرها البيئي إلى أدنى حد ممكن [3]. تتميز البيئة الصحراوية الجزائرية بوفرة في الموارد الغابية التي تساهم بشكل ملحوظ في تعزيز الاقتصاد الوطني ودعم بنيته الأساسية. وتنتج هذه البيئة كميات كبيرة من المواد الليجنوسيليلوزية (مخلفات النخيل) كالسعف،

والكرناف، والعراجين. وتُصنف هذه المخلفات ضمن النفايات الصلبة التي يمثل التخلص التقليدي منها عبر الحرق تهديدًا بيئيًا نظرًا لانبعاثات الغازات الضارة، كما أن تراكمها يشكل عبئًا على استغلال الأراضي الزراعية المتاحة [4]، ولكون ولاية بسكرة تملك ثروة هائلة من النخيل و بالمكافئة مع الأبحاث المتنوعة هنا وهناك على المواد الليجنوسيليلوزية رأينا أن نخوض بحثنا في غمار تثمين مخلفات نخيل مش دقلة (كرناف)، إلا أن، السؤال الذي يطرح نفسه هل بإمكان الكربون المنشط المحضر من مخلفات النخيل(كرناف) إزالة صبغة الميثيلين من المحاليل المائية، وهل بإمكاننا استغلال هذه التقنية لإزالة ملوثات عضوية أو غير عضوية أخرى وفي مجالات مختلفة وهذا ما سنتطرق له في دراستنا هذه.

يهدف بحثنا الى استغلال نفايات مادة أولية متواجدة بكثرة (مخلفات النخيل) وذلك بتحضير كربون منشط انطلاقا من اعناق النخيل (كرناف) من نوع مش دقلة والتجريب الأمثل لهذا الأخير في إزالة الأصباغ العضوية (أزرق الميثيلين) من المياه، تحقيقا لهذه الغاية يتم تقديم المذكرة وفقا للخطة التالية بعد المقدمة (4):

الفصل الأول: يحتوي عموميات حول الكربون المنشط وظاهرة الامتزاز وتلوث المياه ومخلفات النخيل.

الفصل الثاني: المواد وطرق العمل التجريبي.

الفصل الثالث: تحليل ومناقشة النتائج

الفصل الأول:

عموميات حول الكربون المنشط والامتزاز وتلوث المياه

ومخلفات النخيل

I. مقدمة :

يشهد العالم نمواً متزايداً في الطلب على المواد الماصة، وذلك بسبب استخداماتها المتعددة في عمليات حماية البيئة مثل تنقية المياه ومعالجة النفايات هذه المواد تلعب دوراً حيوياً في تقليل التلوث والحفاظ على البيئة [5].

تتناول هذه الدراسة عملية إنتاج الفحم النشط من المخلفات الثانوية باستخدام تقنيات مختلفة، مثل التحلل الحراري والتنشيط الكيميائي. وتم التركيز على دراسة تأثير مدة التنشيط وكمية المادة المنشطة على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للفحم النشط، بما في ذلك المساحة السطحية وتوزيع المسام. ولتحليل الخصائص النهائية للفحم المنشط، تم الاعتماد على تقنيات متقدمة مثل مطيافية الأشعة تحت الحمراء (IR) للكشف عن الروابط الكيميائية، والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) لدراسة البنية السطحية والمسامية بدقة [6].

1.I. تاريخ الكربون المنشط:

يعود استخدام الكربون إلى عصور موعلة في القدم، لدرجة يصعب معها تحديد بداياته بدقة. وتشير الأدلة التاريخية إلى أن أول استخدام موثق للكربون يرجع إلى عام 3750 قبل الميلاد، حيث استعان به المصريون والسومريون في عمليات استخراج المعادن، مثل النحاس والزنك والقصدير، من خاماتها الطبيعية، وذلك بهدف تصنيع سبائك البرونز. إضافةً إلى ذلك، كان الفحم النباتي يُستخدم آنذاك كوقود خالٍ من الدخان، ما جعله خياراً مفضلاً في العديد من التطبيقات الصناعية المبكرة. مع مرور الزمن، استمر الكربون في لعب دور مهم في حياة البشر، إذ استخدمه المصريون في عام 2650 قبل الميلاد في تزيين مقبرة بيرناب، حيث استُخدم الفحم النباتي كصبغة للرسم. لكن الاستخدام الأكثر أهمية للكربون بدأ يظهر في المجال الطبي، حيث كشفت الوثائق التاريخية عن أول دليل على استعماله لأغراض علاجية في بردية عُثر عليها في مدينة طيبة باليونان، ويعود تاريخها إلى عام 1550 قبل الميلاد.

في العصور اللاحقة، استمر تطور استخدام الكربون في مجالات متعددة، فبحلول عام 400 قبل الميلاد، أوصى الطبيب اليوناني الشهير أبقراط باستخدام الفحم النشط لتنقية المياه، وذلك بهدف تحسين طعمها ورائحتها، إلى جانب دوره في الوقاية من العديد من الأمراض، مثل الصرع، وفقر الدم (المعروف بالكلوروز)، والجمرة الخبيثة. أما فيما يخص معالجة مياه الشرب، فقد كشفت الدراسات الحديثة أن البحارة الفينيقيين اعتمدوا على طريقة مبتكرة لحفظ المياه خلال رحلاتهم الطويلة، حيث كانوا يخزنونها في براميل مصنوعة من الخشب المتقحم، وهي تقنية تعود إلى عام 450 قبل الميلاد. وقد أثبتت هذه الطريقة فعاليتها في الحفاظ على جودة المياه، ما جعلها تُستخدم لقرون عديدة، حيث استمرت حتى القرن الثامن عشر كوسيلة لإطالة عمر تخزين المياه الصالحة للشرب خلال الرحلات البحرية الطويلة.

ورغم أن الفحم النشط كان معروفًا منذ آلاف السنين، فإن أول استخدام مسجّل له كمادة ماصة للغازات لم يحدث إلا في عام 1793. ومع حلول القرن العشرين، شهد هذا المجال قفزة نوعية بفضل التقدم العلمي والطبي الذي رافق الثورة الصناعية. وقد أدى ذلك إلى زيادة كبيرة في إنتاج الفحم النشط وتوسيع نطاق تطبيقاته، حيث أصبح يُستخدم على نطاق واسع في مجالات متعددة.

في النصف الثاني من القرن العشرين، ازداد الاهتمام باستخدام الفحم النشط بشكل ملحوظ، مدفوعًا بتشديد القوانين البيئية التي تهدف إلى حماية موارد المياه، وتطوير تقنيات تنقية الغازات، وتعزيز الاستفادة الاقتصادية من المواد الكيميائية. وخلال العقود الثلاثة الأخيرة، برزت تقنية جديدة تعتمد على الفحم النشط كدعامة للمحفزات المعدنية، مما أدى إلى استبدال الكربون الأسود (السنج) في العديد من التطبيقات الصناعية، وهي خطوة لاقت انتشارًا واسعًا نظرًا لكفاءتها العالية.

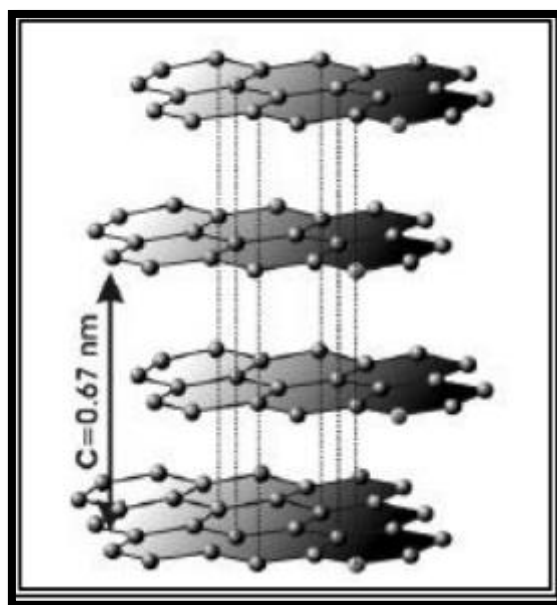
يُعتبر مجال دراسة الفحم النشط، المعروف أيضًا بالفحم الماص، جزءًا لا يتجزأ من علم وتقنية المواد الكربونية، وهو مجال واسع يشمل العديد من المواد القائمة على الكربون، مثل الكربون الأسود (السناج) والأنابيب النانوية الكربونية، وغيرها من المركبات المتقدمة التي تساهم في تطوير العديد من الصناعات الحديثة [7]

2.I. تعريف الكربون المنشط (CA):

يعرف المجلس الأوروبي لاتحاد الصناعة الكيميائية (C.E.F.I.C) الكربون المنشط على أنه مادة كربونية ذات بنية مسامية، مما يمنحها مساحة سطح داخلية واسعة. وتتميز هذه المادة بقدرتها العالية على امتزاز العديد من المركبات على سطحها الداخلي، حيث تُعرف هذه المركبات باسم "المواد الممتزة" [8]. ويُعرف الكربون النشط بأنه مادة مسامية ذات طبيعة غير متبلورة، تتعرض خلال عملية إنتاجها لاضطرابات في تركيبها ونقص في محتواها من الهيدروجين. ويؤدي ذلك إلى تكوين مسامات داخلية وخارجية، مما يعزز من قدرتها على الامتزاز [9]. كما يُعرّف الكربون المنشط بأنه مادة غنية بالكربون ذات بنية مسامية متطورة ومتنوعة، مما يمنحها فعالية عالية في امتزاز المواد الكيميائية من الأوساط المختلفة. كما يُصنّف ضمن المواد الكربونية التي تتميز بمساحة سطحية كبيرة، سواء داخلية أو خارجية. يمتلك الكربون المنشط أنواعًا متعددة من المسامات التي تختلف في أحجامها وأشكالها، مما يجعله مادة امتزاز متعددة الاستخدامات. ويستخدم بشكل خاص في الصناعة كمحفز أو كداعم للمحفزات، بالإضافة إلى دوره الفعال في مكافحة التلوث البيئي [10]. يتميز الكربون المنشط بخصائص فريدة وتكلفة منخفضة، مما يجعله دون منافس في السوق العالمية مقارنةً بالزيولايت (كمادة مازة لا عضوية). كما أن توزيع المسامات والمساحة السطحية لديه يتميز بالاتساع الكبير وعدم التحديد الدقيق، على عكس الزيولايت، مما يعزز فعاليته كأحد أهم المواد المازة. ونظرًا لأهميته المتزايدة، فإن أكثر من 30% من الأبحاث المتعلقة بالكربون تركز على تطوير الكربون المنشط، سواء من خلال استكشاف مصادر جديدة، أو تحسين عمليات تصنيعه، أو البحث عن تطبيقات مستقبلية مبتكرة [11].

1.2.I. التركيب الجزيئي والبلوري للكربون المنشط:

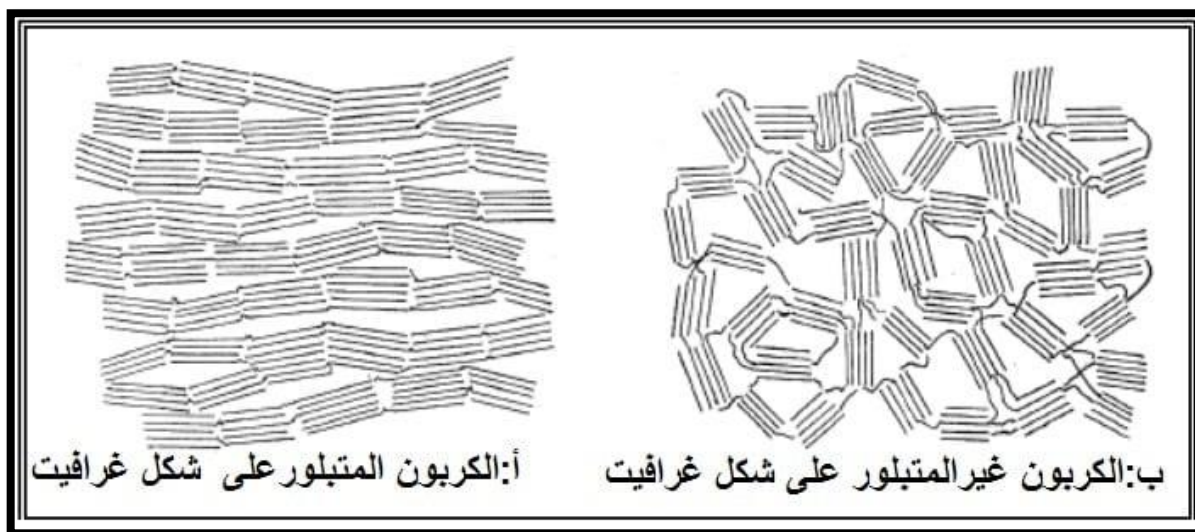
يتألف الكربون المنشط من تركيب بلوري دقيق، حيث تتراوح أحجام البلورات بين 5 و 150 (Å) وتتكون كل بلورة من طبقات غير منتظمة يفصل بينها مسافة تبلغ حوالي 6.3 (Å) ويؤدي وجود الذرات غير المتجانسة إلى تشكيل كربون منشط ذي نشاط عالٍ، حيث تتركز على حواف البلورات الدقيقة مجموعات وظيفية تساهم في تفاعلية السطح [12]. يتميز كل من الكربون المنشط والجرافيت بتركيب جزيئي وبلوري متشابه، حيث يتشابهان في عدد الطبقات. تتألف كل طبقة من حلقات سداسية مترابطة فيما بينها، وتبلغ المسافة البينية بين الطبقات مقداراً يتراوح بين (3.34-3.35) [13] كما هو مبين في الشكل (1-1).



الشكل (1. 1) تركيب الجرافيت [14]

كما يوجد تركيباً معيناً للكربون المنشط وبنوعيه المتشابه والمختلف عن تركيب الجرافيت [13] وكما هو مبين في

الشكل (2. 1) .

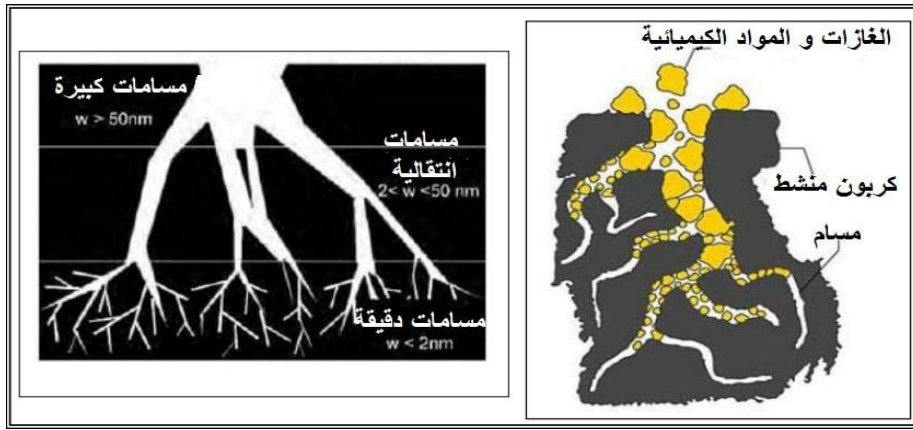


الشكل (1. 2) تركيب الكربون المنشط [14]

وقد أظهرت الدراسات ان الكربون المنشط يتميز بانه غير منتظم، وذلك بسبب عدم التجانس في طول الرابطة (C-C) على سطح البلورة، والتي يؤدي الى تدمير السطح البلوري للكربون اثناء عملية التنشيط التي تتم تحت ظروف قاسية تؤدي الى تكسير الروابط، مما يتسبب في انتقال المادة من الحالة البلورية المنتظمة إلى الحالة غير البلورية. ينتج عن ذلك مركب ذو بنية مسامية تتميز بمساحة سطحية كبيرة [14]. يمكن تصنيف التراكيب المسامية في الكربون المنشط إلى ثلاثة أنواع رئيسية، كما هو موضح في الجدول والأشكال الاتية [13].

الجدول (1- 1) نوع المسامات وقطرها [15]

نوع المسامات	القطر
المسامات الدقيقة micro pores	$<2\text{nm}$ (20Å)
المسامات الانتقالية meso pores	$2\text{nm}-50\text{nm}$ ($20\text{Å}-500\text{Å}$)
المسامات الكبيرة macro pores	$>50\text{nm}$ ($>500\text{Å}$)



الشكل (1. 3) تركيب المسامات في الكربون المنشط [16,17].

3.1 تصنيف الكربون المنشط :

يُعد الكربون المنشط من المواد المعقدة التي يصعب تصنيفها وفقاً لسلوكها ومساحتها السطحية وطرق تحضيرها. ومع ذلك، يمكن تصنيفه اعتماداً على خصائصه الفيزيائية إلى [13]:

1.3.1. الكربون المنشط المسحوق (CAP):

يتميز الفحم المنشط المطحون بحجم حبيبي يقل عن 100 ميكرومتر، بمتوسط قطر يتراوح بين 15 و 25 ميكرومتر. يمتلك مساحة سطحية خارجية كبيرة وعمق انتشار محدود، مما يعزز كفاءة وسرعة الامتزاز بشكل كبير [18]، يستخدم عادة في تطبيقات المرحلة السائلة كإزالة الدهون والزيوت والسوائل العضوية والتحضيرات الدوائية [19]، ما يُعد فعالاً في تنقية السوائل من الملوثات المسؤولة عن اللون، والطعم، والرائحة. ومع ذلك، من أبرز سلبياته صعوبة التعامل معه واستعادته بعد الاستخدام [20].



الشكل (1. 4) الكربون المنشط المسحوق [21]

1. 3.2. الكربون المنشط الحبيبي (CAG):

يتميز هذا النوع من الكربون النشط بحجم جسيمات أكبر نسبياً، كما أن مساحته السطحية الخارجية أقل مقارنة بالكربون النشط ذي الشكل المسحوق. ويتراوح حجم جسيماته عادة بين 1.5 و 5 ملم. تُستخدم هذه الجسيمات في تطبيقات معالجة المياه، وإزالة الروائح، وفصل مكونات أنظمة الجريان، بالإضافة إلى امتصاص الغازات والأبخرة [22].



الشكل (1.5) الكربون المنشط الحبيبي (CAG) [23].

3.3.I الكربون المنشط المقذوف (ACE) :

يأخذ شكلاً أسطوانياً بأقطار تتراوح بين (0.8-5mm)، ويُستخدم بشكل أساسي في تطبيقات الطور الغازي،

وذلك بفضل قوته الميكانيكية العالية ومحتواه المنخفض من الغبار [24].



الشكل (1. 6) الكربون المنشط المقذوف (ACE). [25]

4.3.I الكربون المنشط المغلف بالبوليمرات (PCAC) :

يُحضر هذا النوع من الكربون المنشط من خلال تغليف سطحه المسامي بمواد بوليميرية لتعطي غلافاً صقيلاً

ناعماً، مما يجعله أكثر نفاذية ويمنع انسداد المسامات. يُستخدم هذا الصنف بشكل أساسي في عمليات الترشيح،

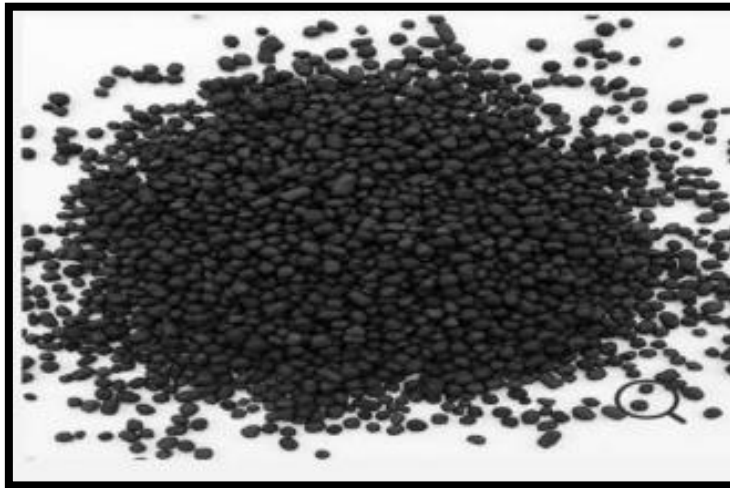
حيث يساهم في تحسين كفاءة إزالة الشوائب دون التأثير على معدل تدفق السوائل [26].



الشكل (1. 7) الكربون المنشط المغلف بالبوليمرات (PCAC). [27]

5.3.1. الكربون المنشط بشكل مناخل جزيئية (CMS):

يمتلك هذا الصنف من اصناف الكربون المنشط هيئة على شكل مناخل جزيئية ويحوي هذا النوع على نسبة عالية من حجوم المسامات الصغيرة مقارنة مع المسامات الاخرى، ويستخدم هذا النوع في فصل الغازات مثل فصل النيتروجين والاكسجين في درجة حرارة الغرفة [28].



الشكل (1. 8) الكربون المنشط بشكل مناخل جزيئية (CMS) [27].

6.3.1. الياف الكربون المنشط (ACF):

حضر هذا الصنف عام 1970 من خلال تطوير التركيب غير البلوري للمادة الاولية مثل الرايون والقيير والبوليمرات والراتنجات الفينولية.. الخ عند درجة حرارة 800°م يليه عملية التنشيط بالبخار عند درجة حرارة (800-1000) °م، وبذلك تم الحصول على مساحة سطحية عالية جدا تصل الى (2500g/cm)، وتتفوق الياف الكربون المنشط بعدد من المحاسن على الكربون المنشط الحبيبي بأنها تمتلك تراكيب مسامية ومساحة سطحية فيزيائية كبيرة [29,30].



الشكل (1. 9) الياف الكربون المنشط (ACF) [31].

4.1. تحضير الكربون المنشط:

يتم إنتاج الكربون المنشط من خلال عملية التحلل الحراري للمواد الغنية بالكربون، والتي يمكن أن تكون ذات أصل نباتي مثل الخشب، الفحم، والقشور الصلبة للثمار، أو من البوليمرات الاصطناعية مثل الرايون (الحرير الصناعي) [32]. وتشمل عمليات الكربون المنشط أساساً على اختيار المواد الخام والكربنة والتنشيط.

4.1.1. المواد الخام:

معظم المواد الخام الغنية بالمواد العضوية لا تتصهر في عملية الكربنة يمكن ان تستخدم كمادة خام لتصنيع الكربون المنشط. وهناك عدة عوامل يجب ان تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار المادة الأولية للتحضير من الناحية الصناعية هي [13]:

- محتوى كاربوني عال
- تحتوي كميات قليلة من المواد اللاعضوية (أي بمعنى محتوى الرماد صغير)
- عالية الكثافة وكميات قليلة من المواد المتطايرة
- موارد متوفرة ورخيصة الثمن
- قابلة للتنشيط

وتتفاوت خواص الكربون المحصل عليه من عملية التحليل الحراري باختلاف طبيعة المواد الأولية المستخدمة في تحضيره [13]. والجدول (2.1) يوضح خصائص المواد الخام المختلفة التي تستخدم في تصنيع الكربون المنشط [33].

الجدول (2.1) خصائص المواد الخام المختلفة التي تستخدم في تصنيع الكربون المنشط

المادة الخام	محتوى الكربون %	المواد الطيارة %	الكثافة (g/cm ²)	محتوى الرماد %	بنية الكربون النشط
الخشب اللين	45-40	60-55	0.5-0.4	1.1-0.3	لين، حجم مسامي كبير
الخشب الصلد	42-40	60-55	0.8-0.55	1.2-0.3	لين، حجم مسامي كبير
اللكنين	40-35	60-58	0.4-0.3	_	لين، حجم مسامي كبير
اغلفة جوز الهند	45-40	60-55	1.4	0.6-0.5	صلب، حجم مسامي كبير
ليكانيت	70-55	40-25	1.35-1	6-5	صلب، حجم مسامي صغير
الفحم الطري	80-65	30-25	1.5-1.25	2.12	متوسط الصلابة
الفحم شبه صلب	75-70	15-1	1.45	15-5	صلب، حجم مسامي كبير
الفحم الصلب	95-85	10-5	2-1.5	2.15	صلب، حجم مسامي كبير

2.4.1. الكربنة :

التحلل الحراري أو التحميم هو عملية التحلل الحراري لمادة عضوية تحت الفراغ أو في جو خامل (يستخدم عادةً غاز النيتروجين). يتم تسخين العينة إلى درجات حرارة مرتفعة تتراوح بين 400 و 1000 درجة مئوية، مما يؤدي إلى فقدان الرطوبة وإزالة المواد المتطايرة (السائلة والغازية) مثل أول أكسيد الكربون، والهيدروجين، والأكسجين،

بالإضافة إلى آثار من الكبريت أو النيتروجين [34]. والعوامل الأساسية المختلفة التي تحدد جودة وخصائص ومردودية عملية الكربنة هي:

- معدل تسخين الفرن ($^{\circ}\text{م}/\text{دقيقة}$): يؤثر معدل التسخين على عملية التحلل الحراري، حيث يؤدي التسخين البطيء إلى إنتاج كمية أقل من المركبات المتطايرة، مما يساعد على الحفاظ على البنية الأصلية للمادة إلى حد معين
- درجة الحرارة النهائية للتحلل الحراري ($^{\circ}\text{م}$): تحدد درجة الحرارة النهائية مقدار فقدان الكتلة والمظهر السطحي للكربون. عند درجة حرارة ثابتة، يصل المنتج إلى أقصى مستوى من المسامية الدقيقة، إلا أن هذه القيمة تختلف تبعاً لنوع المادة المستخدمة [35].

- زمن التسخين (بالساعات أو الدقائق)

- طبيعة المادة الأولية

- حجم الجسيمات

- التحلل الحراري للمكونات الكيميائية [36].

3.4.1. التنشيط:

تتم عملية التنشيط عادةً عند درجات حرارة تتراوح بين 600 و1200 درجة مئوية، حيث تؤدي هذه العملية إلى تعزيز الكفاءة الامتزازية للكربون النشط. يُستخدم مصطلح "التنشيط" للإشارة إلى العمليات التي تسهم في إنتاج كربون نشط أو فعال يتمتع بقدرة عالية على امتزاز بعض المواد إما فيزيائياً أو كيميائياً. ويكمن الهدف الأساسي من عمليات التنشيط في زيادة عدد المسامات لكل وحدة مساحة، مما يؤدي بدوره إلى زيادة المساحة السطحية الفعالة للكربون النشط. تنقسم عمليات التنشيط إلى طريقتين رئيسيتين: [37]

1.3.4.1. التنشيط الفيزيائي:

تتم عملية التنشيط الفيزيائي ضمن نطاق حراري يتراوح بين (650 و900 $^{\circ}\text{م}$) في بيئة مؤكسدة تتكون من ثاني أكسيد الكربون، بخار الماء، أو مزيج منهما. ووفقاً لأبحاث سابقة، يمكن أن تختلف البنية المسامية للفحم النشط الناتج اعتماداً على نوع الغاز المؤكسد المستخدم. على سبيل المثال فإن استخدام ثاني أكسيد الكربون كعامل

مؤكسد يعزز تطور الميكروبيئية المسامية، في حين أن بخار الماء يؤدي إلى تكوين مسامية ذات أبعاد أكبر. غالبًا ما يُفضل استخدام مزيج من بخار الماء وثاني أكسيد الكربون لتحقيق توازن بين نوعي المسامية. في دراستنا، تم اختيار ثاني أكسيد الكربون كغاز مؤكسد. تتضمن عملية التنشيط وضع 15g من الفحم داخل مفاعل غير قابل للصدأ. بعد ذلك، يتم إدخال المفاعل في فرن مع ضبط برنامج درجة الحرارة على النحو التالي:

1. يتم رفع درجة الحرارة بمعدل $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ من درجة الحرارة المحيطة حتى 800°C

2. يتم الحفاظ على درجة حرارة 800°C لمدة ساعة واحدة، ساعتين، أو ثلاث ساعات، وذلك حسب متطلبات التجربة.

3. وأخيرًا، يتم تبريد النظام بشكل طبيعي حتى يعود إلى درجة الحرارة المحيطة.

تتم عملية التنشيط تحت تدفق مستمر لغاز النيتروجين وثاني أكسيد الكربون، مع تثبيت معدل التدفق عند 50 ml/min طوال مدة التجربة [38]. تتميز هذه الطريقة بإنتاج فحم نشط ذو بنية مسامية وقوة فيزيائية جيدة، كما أنها منخفضة التكلفة لتحضير الفحم النشط، وتُعتبر نهجًا صديقًا للبيئة لأنها لا تتطلب استخدام المواد الكيميائية [39].

2.3.4.1. التنشيط الكيميائي:

تخضع المادة المتقدمة، الناتجة عن عملية الكربنة، لمرحلة غسل تُعدّ ضرورية لاستكمال عملية الأكسدة، والتي تُجرى باستخدام حمض الفوسفوريك (H_3PO_4) أو كلوريد الزنك (ZnCl_2) أو هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH). تتم هذه العملية عند درجة حرارة أقل نسبيًا مقارنة بطريقة التنشيط الفيزيائي، بهدف إعادة هيكلة البنية الداخلية للفحم النشط. وعقب اكتمال التفاعلات، تُغسل المادة بعناية بالماء المقطر لضمان إزالة أي بقايا كيميائية، مما يساهم في تحسين خصائصها المسامية وتعزيز كفاءتها في التطبيقات المختلفة [40].

5.1. خصائص الكربون المنشط:

تعتمد كفاءة الامتزاز على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للكربون المنشط، بالإضافة إلى طبيعة المادة الملوثة المراد ازالتها وتركيزها، ودرجة الحموضة، ومدة التماس بين الكربون المنشط والمادة الملوثة، يتميز الكربون المنشط بعدة خواص تجعله مادة فعالة في عمليات الامتزاز، ومن أبرزها [41]:

1.5.1. الخصائص الفيزيائية:

- **قياس ابعاد الحبيبات:** بمعنى قياس ابعاد حبيبات الكربون، حيث انه تحتوي عينة واحدة من الكربون المنشط على حبيبات مختلفة الابعاد تؤثر على شدة الامتزاز. من بين الطرق المستعملة في تحديد ابعاد الحبيبات هي الغريلة، الطريقة الميكروسكوبية.
- **التفتت:** نقول عن الكربون المنشط بانه يملك خاصية التفتت إذا كان يترك اثرا على الأصابع وتعطى بالعلاقة التالية:

$$\text{Friabilité} = 10/9 (x-10) \dots\dots\dots (1)$$

x : نسبة من الكتلة المادة، وتبين المادة المفقودة بعد الطحن، تحدد من بيان (**granulométrie**) قبل وبعد الطحن.

- **معامل الوحدة:** وهو النسبة الطولية الموافقة 60 بالمئة مع تلك الموافقة لنسبة 10 بالمئة (وتحد انطلاقا من بيان (**granulométrie**) ويستعمل كثيرا في الكربون المنشط الحبيبي

$$\text{CU} = \frac{\text{Taille de 60\%}}{\text{Taille de 10\%}} \dots\dots\dots (2)$$

يستحسن استخدام الكربون المنشط الحبيبي ذو معامل الوحدة الكبير أي **granulométrie** متجانس حيث كلما كان معامل الوحدة كبير كانت جهة ذروة الامتزاز قريبة من قيمتها نظرية، وعموما يستخدم الكربون المنشط ذو معامل الوحدة من الرتبة 1,6.

- الرطوبة واحتواء الرماد: هذان البعدان مهمان في اختيار الكربون المنشط، حيث تكون الرطوبة المنتشرة اقل من 5% في حين احتواء الرماد منعدم تقريبا يجب الا يصل الى 10% فالـ PH يصل الى قيمة عالية ويسبب ترسب كربونات الماء على الكربون والتي تؤدي الى انخفاض قدرة الامتزاز [38].

2.5.1. الخصائص الكيميائية:

تعتمد أساسا على قدرة الامتزاز للكربون المنشط والمادة الممتزة، في بعض الدول الأوروبية وخاصة فرنسا تستعمل الدلالة 'FINAD' لتعبير عن خمسة مواد ملوثة: فينول (F) واليود (I) وافينازول (A) والمنظفات (D) وواندول (N) وتحدد غالبا بالدلالة FND

✓ دلالة الفينول: تستعمل لتقدير فعالية الكربون النشط في معالجة ملوثات الذوق والرائحة.

✓ دلالة اليود: ويستعمل لتقدير فعالية الكربون المنشط وتنقية المركبات ذات الكتلة الجزيئية الضعيفة [41].

6.1. طرق إعادة التنشيط:

من الخصائص الأساسية التي تميز الكربون المنشط كمادة مازة فعالة هي قدرته على استعادة فعاليته بعد الاستخدام، وذلك من خلال تطبيق تقنيات تجديد بسيطة وغير مكلفة ومن هذه الطرائق:

1. إعادة التنشيط الحراري:

يتم إعادة التنشيط الحراري من خلال تسخين الكربون المنشط المستهلك في فرن دوار خاص باستخدام درجات الحرارة تتراوح بين (870-980) °م لمدة 30min مع امرار تيار بخار الماء، وهذه الطريقة تكون مفيدة في حالة الكربون المستخدم في معالجة مياه الصرف الصحي [42].

2. إعادة التنشيط البخاري:

تُستخدم هذه الطريقة عندما تكون المادة الممتزة قابلة للتبخر، حيث تساهم المعالجة بالبخار في إزالة الانسداد عن سطح حبيبات الكربون النشط. تتم هذه العملية من خلال غسل الكربون المنشط المستخدم بالماء، ثم تعريضه

للبخار ضمن نطاق درجة حرارة يتراوح بين 50 إلى 120 درجة مئوية، مما يساعد على إزالة الملوثات. بعد ذلك، يُشطف الكربون مرة أخرى ليصبح جاهزاً لإعادة الاستخدام [43].

3. إعادة التنشيط الكيميائي:

في هذه الطريقة، يُغسل الكربون المنشط المستهلك باستخدام مواد كيميائية أو أحد المذيبات العضوية، مثل نترات البنزين. وتتميز هذه التقنية بقدرتها على تجديد حبيبات الكربون المنشط بشكل متكرر، مع فقدان طفيف لسعة الامتزاز، مما يجعلها خياراً فعالاً لإطالة عمر المادة الممتزة [44].

4. إعادة التنشيط البيولوجي:

تتضمن هذه المعالجة استخدام مواد عضوية للقضاء على البكتيريا الموجودة على سطح الكربون. ومع ذلك، فإن هذه الطريقة ليست شائعة الاستخدام على نطاق واسع [43].

5. إعادة التنشيط بالموجات الغير صوتية:

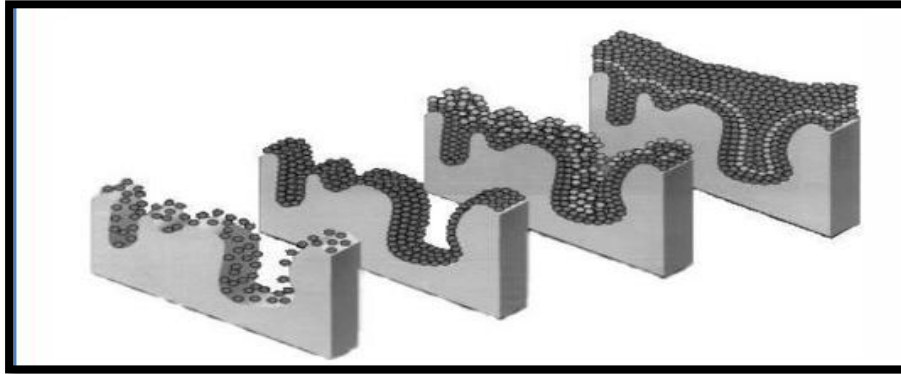
يتم تسليط موجات فوق صوتية بحدود (20kHz) لتجديد الكربون النشط الحبيبي ولمدة ساعة للحصول على كفاءة التجديد بحوالي (43%-34) وهي مشابهة لنتائج التنشيط الكيميائية والحرارية [45].

7.1 الامتزاز :

1.7.1. تعريف الامتزاز:

الامتزاز هو تقنية معالجة متقدمة تُستخدم لإزالة مجموعة واسعة من المركبات السامة أو غير المرغوب فيها من الماء والهواء. تعتمد هذه العملية على تفاعل فيزيائي أو كيميائي، حيث تلتصق جزيئات المادة الممتزة (سواء كان غازاً أو سائلاً) بسطح مادة صلبة تُعرف بالمادة المازة. وتُحدد كفاءة الامتزاز بقدرتها المازة على تثبيت الجزيئات على سطحها، مما يجعلها وسيلة فعالة في معالجة المياه الملوثة والهواء [46]. وتحدد هذه العملية قدرة بعض المواد على تثبيت الجزيئات (مثل الغازات، الأيونات المعدنية، والجزيئات العضوية، وغيرها) على سطحها بطريقة قابلة للانعكاس بدرجات متفاوتة. وخلال هذا التفاعل، يحدث انتقال للمادة من الطور السائل أو الغازي إلى السطح الصلب [47]. تعتمد طبيعة الروابط المتشكلة، إلى جانب كمية الطاقة المنبعثة أثناء احتجاز الجزيئات

على سطح صلب، على تحديد نوع الامتزاز، والذي يُصنّف إلى نوعين رئيسيين: الامتزاز الفيزيائي والامتزاز الكيميائي [48,49].



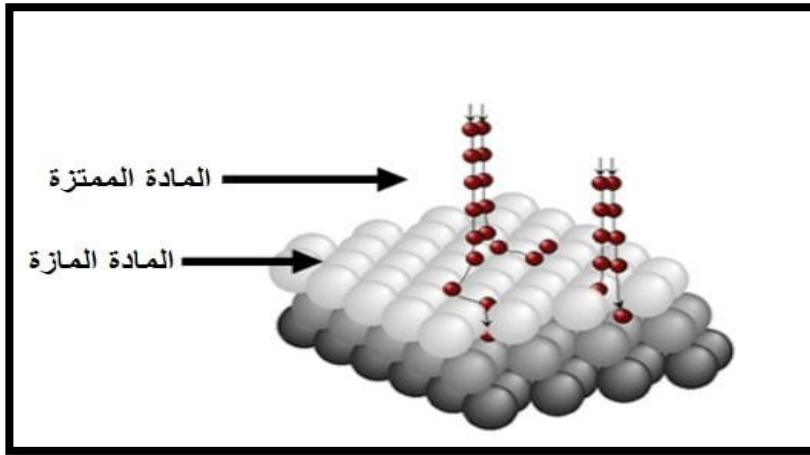
الشكل (10.1) تمثيل امتزاز المادة الممتزة على سطح المادة المازة [50]

2.7.1 أنواع الامتزاز :

بناءً على طبيعة وأنواع التفاعلات بين النظام (الممتز - الماز)، تخضع ظاهرة الامتزاز إلى نوعين أساسيين من القوى المؤثرة، والتي تلعب دوراً أساسياً في ربط المادة الممتزة بالمادة المازة. ونتيجة لذلك، يمكن تصنيف الامتزاز إلى نوعين رئيسيين [51,52]:

1.2.7.1. الامتزاز الفيزيائي:

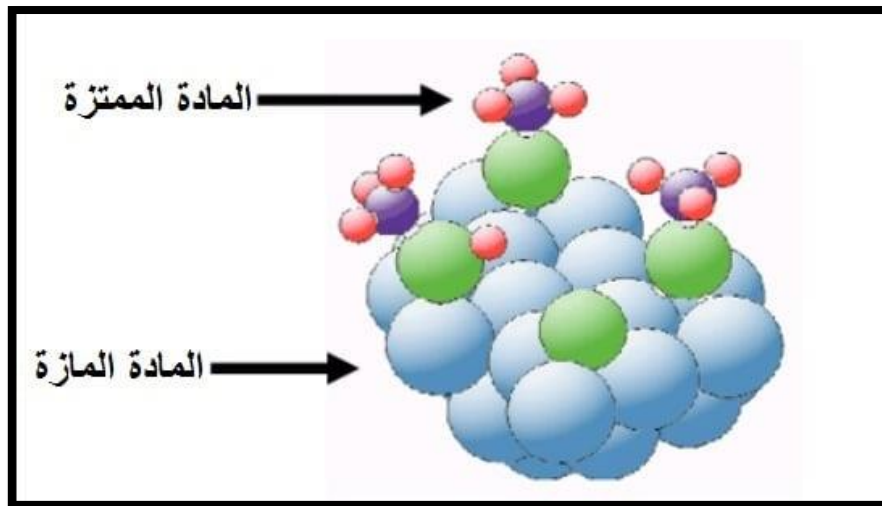
يُعرف الامتزاز الفيزيائي على أنه عملية فيزيائية تنشأ نتيجة تفاعلات ضعيفة بين الجزيئات، وتشمل قوى فان دير فالس الجاذبة بالإضافة إلى التفاعلات الكهروستاتيكية الناجمة عن الاستقطاب. يتميز الامتزاز الفيزيائي بكونه عملية عكسية، غير انتقائية بدرجة كبيرة، وسريعة الحدوث، وغالباً ما تكون محدودة بتأثيرات الانتشار. يمكن تقدير قوة التفاعلات المتداخلة من خلال طاقة الامتزاز الفيزيائي، والتي تتراوح بين (5-40 kJ.mol⁻¹)، وتُعتبر ضعيفة. لذلك، يكون الامتزاز الفيزيائي مفضلاً عند انخفاض درجة الحرارة، ويمكن أن يحدث في طبقة واحدة أو في طبقات متعددة. [53]



الشكل (11.أ) الامتزاز الفيزيائي [54]

2.2.7.1. الامتزاز الكيميائي:

يحدث هذا النوع من الامتزاز على السطوح النشطة غير المشبعة، حيث تميل هذه السطوح إلى تكوين روابط تساهمية وايونية مع المواد الممتزة. وتحدث هذه العملية بشكل رئيسي مع المواد الصلبة، مما يجعل الامتزاز الكيميائي يمثل الخطوة الأولى في العديد من التفاعلات الكيميائية [55].



الشكل (12.أ) الامتزاز الكيميائي [54]

3.7.1 الية الامتزاز :

الفصل عن طريق الامتزاز يعتمد على الامتزاز الانتقائي (حراري الديناميكي او الحركي) للملوثات بواسطة مادة مازة، وذلك بفضل التفاعلات الخاصة بين سطح المادة والمواد الممتزة [56]. وهو عبارة عن انتقال بسيط للكتلة من الطور السائل إلى سطح المادة الصلبة وتتم هذه العملية بشكل رئيسي عبر أربع مراحل:

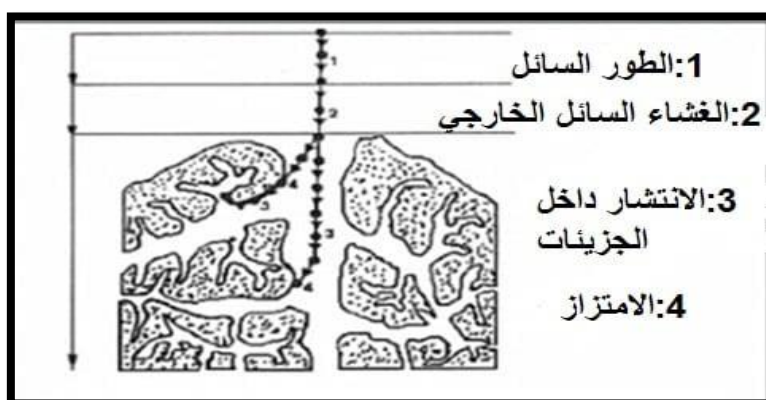
1. الانتشار الخارجي: يشير إلى انتقال المذاب الخاص به أو انتشار المادة المازة من المحلول إلى السطح

الخارجي للمادة المازة، حيث يعتمد انتقال المادة على تدفق السائل على سطح المادة المازة.

2. الانتشار الداخلي: تخترق الجزيئات السائلة داخل المسامات، ويعتمد الانتشار على تدرج تركيز المذاب.

3. الانتشار السطحي: يشير إلى التصاق الجزيئات بسطح مسامات المادة المازة.

4. الامتزاز: وهو مرحلة الفصل. [57]



الشكل (13.1) مخطط مبسط لعملية الامتزاز [58]

4.7.1 العوامل المؤثرة على الامتزاز :

تتأثر عملية الامتزاز بعدة عوامل، وتتعلق اما بالميزات، المازات، أو بظروف العمل وهي كالتالي: [55] [51]

[60] [61]

1.4.7.1. العوامل المتعلقة بالمازات:

- **المساحة النوعية:** هي مساحة سطح الماز على وحدة الكتلة ويعبر عنه (m^2/g)، العلاقة بين السطح الماز وسعة الامتزاز علاقة طردية، أي عندما يكون السطح النوعي كبير، كمية المذاب الممتز تكون كبيرة
- **المسامية:** ترتبط عملية الامتزاز بتوزيع أحجام المسام في المادة المازة، حيث تعكس هذه التوزيعات البنية الداخلية للمادة المازة الدقيقة، مما يؤثر بشكل مباشر على كفاءتها في التقاط الجزيئات الممتزة.
- **القطبية:** يُعدُّ العامل الأكثر أهمية في تحديد كفاءة المادة المازة في عملية الامتزاز هو قطبية سطحها، حيث تؤثر هذه الخاصية بشكل مباشر على تفاعلها مع الجزيئات الممتزة. فالمواد ذات الأسطح التي تحتوي على مجموعات وظيفية قطبية تميل إلى امتزاز المكونات الأكثر قطبية من المحلول.

2.4.7.1. العوامل المتعلقة بالامتزاز:

- **الذوبانية:** تتناسب قيمة الامتزاز عكسيا مع ذوبانية المادة الممتزة في المذيب، وفقا لقاعدة لوندنيوس: كلما كانت المادة اقل قابلية لذوبان في المذيب، كلما كان امتزازها أفضل.
- **القطبية:** المذاب (المادة الممتزة) القطبي يكون أكثر ألفة بالنسبة للمذيب او للمادة المازة الاكثر قطبية
- **الكتلة الجزيئية:** بصورة عامة ان زيادة الكتلة الجزيئية للمادة الممتزة تؤدي الى زيادة سعة الامتزاز

3.4.7.1. العوامل المتعلقة بالفيزيوكيميائية للمحلول:

- **درجة الحرارة:** يعتبر الامتزاز بشكل عام ظاهرة طاردة للحرارة، وبالتالي يكون معدل الامتزاز أفضل عند درجة الحرارة المنخفضة، ما إذا كانت عملية الامتزاز ماصة للحرارة فان معدل الامتزاز يزداد مع ارتفاع درجة الحرارة.
- **الرقم الهيدروجيني (الـ PH):** تؤثر درجة الحموضة (pH) عند تغيير قيمتها بشكل مباشر على أداء وكفاءة الامتزاز من خلال تعديل شحنة كل من المادة الممتزة وسطح المادة المازة. يتم الحصول على نتائج أفضل

عند pH الحمضي للممترات الموجبة، وفي pH الأساسي للممترات الأنيونية، مع ضرورة مراعاة نقطة تساوي الشحنة الكهربائية للمادة المازة، حيث تؤثر على سلوكها الامتصاصي.

- **زمن التلامس بين الممتز والماز:** يعرف بزمن الاتزان وهو الفترة الزمنية التي يتم خلالها تحقيق التوازن بين المادة الممتزة والمادة المازة، حيث يصل الامتزاز إلى حالة استقرار ديناميكي، بحيث لا يحدث تغير ملحوظ في كمية المادة الممتزة على سطح المادة المازة مع مرور الوقت.

5.7.1 الامتزاز على الكربون المنشط :

يقوم الكربون المنشط بامتزاز الملوثات عبر آليتين رئيسيتين: الامتزاز الكيميائي، حيث تتفاعل الملوثات مع المجموعات الوظيفية المنتشرة على سطح الكربون المنشط، مما يؤدي إلى تكوين روابط بين المادة المازة (الكربون المنشط) والمادة الممتزة (الملوثات)، والامتزاز الفيزيائي، حيث تتحرك الجزيئات الممتزة عبر الفجوات والفراغات الموجودة في المادة المازة حتى تصل إلى السطوح الداخلية للمسام. وتعتمد كفاءة الامتزاز في هذه الحالة على نوع الفجوات، والمساحة السطحية المتاحة، بالإضافة إلى حجم الجزيئات الممتزة (الملوثات) [62].

8.1 تلوث المياه :

يُعدّ التلوث المائي أحد أخطر الملوثات البيئية وأكثرها تأثيراً، حيث ينتج عن الأنشطة البشرية المتزايدة، مثل الأنشطة السكانية والزراعية والصناعية، خاصة في المناطق القريبة من مصادر المياه. يؤدي ذلك إلى تدهور الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمياه بسبب الارتفاع الملحوظ في تركيز العديد من الملوثات، مما يؤثر سلباً على جودتها واستخداماتها [63].

1.8.1. تعريفه:

عرّفت منظمة الصحة العالمية في عام 1961م تلوث المياه على أنه أي تغيير يطرأ على الخصائص الطبيعية أو الكيميائية أو البيولوجية للمياه، مما يؤدي إلى تحولها بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، بحيث تصبح أقل صلاحية

للاستعمالات المخصصة لها، سواء كان ذلك للشرب، أو الاستهلاك المنزلي، أو الأغراض الزراعية، أو غيرها [64].

2.8.1. مصادر تلوث المياه:

تتعدد مصادر تلوث المياه ويمكن تقسيمها الى [65]:

- **مصادر طبيعية:** وتشمل الجو، المعادن الذائبة، تحلل المواد النباتية، الجريان السطحي للأحماض والكيماويات.
- **مصادر زراعية:** يتم استعمال المبيدات الكيماوية أو أسمدة للقضاء على الآفات والحصول على منتوجات زراعية أكبر وبكمية أكثر، هذه المواد تصل الى المياه والمجمعات المائية، تسعى في تلويثها كما تشمل الانجراف المائي للتربة، مخلفات حيوانية (مزارع الإنتاج الحيواني والدواجن) أسمدة كيماوية.
- **مياه الصرف:** وتشمل الصرف الصحي، الصرف الصناعي، مركبات بحرية والحوادث البحرية.
- **مصادر أخرى متنوعة:** مثل الأنشطة البناء، المناجم، الماء الجوفي أماكن تجمع القمامة الخ

3.8.1 أنواع تلوث المياه :

يمكن تصنيف التلوث المائي الى:

1.3.8.1. التلوث الفيزيائي:

يشير هذا النوع من التلوث إلى التغيرات التي تطرأ على الخصائص الطبيعية للماء، مما يجعله غير ملائم للاستخدام البشري. يحدث ذلك من خلال تغيير درجة حرارته، أو ارتفاع ملوحته، أو زيادة نسبة المواد العالقة فيه، سواء كانت ذات أصل عضوي أو غير عضوي. ويعود السبب الرئيسي لزيادة ملوحة المياه عادةً إلى زيادة معدل تبخر مياه البحيرات أو الأنهار، خاصة في المناطق الجافة التي تقتصر إلى عمليات التجديد المائي. كما قد يؤدي هذا التلوث إلى ظهور روائح كريهة، أو تغيير في لون الماء أو مذاقه. [66]

2.3.8.I. التلوث الكيميائي:

يُعد التلوث الكيميائي للمياه من أخطر المشكلات البيئية التي تواجه الإنسان المعاصر، حيث يؤدي إلى اكتساب المياه تأثيرًا سامًا نتيجة لاحتوائها على مواد كيميائية خطيرة، مثل مركبات الرصاص، والزرنيق، والكادميوم، والزرنيخ، بالإضافة إلى المبيدات الحشرية. ويمكن تصنيف هذه المواد إلى نوعين رئيسيين: الأول قابل للانحلال في الماء، والثاني يميل إلى التراكم والتجمع في الكائنات الحية المائية، مما يشكل خطرًا كبيرًا على تلك الكائنات وعلى النظام البيئي بأكمله. [67]

3.3.8.I. التلوث البيولوجي:

يحدث هذا النوع عندما تتكاثر بعض أنواع الكائنات الحية الدقيقة في الماء [68].

9.I مخلفات شجرة نخيل التمر :**1.9.I. تاريخ واصل شجرة النخيل التمر:**

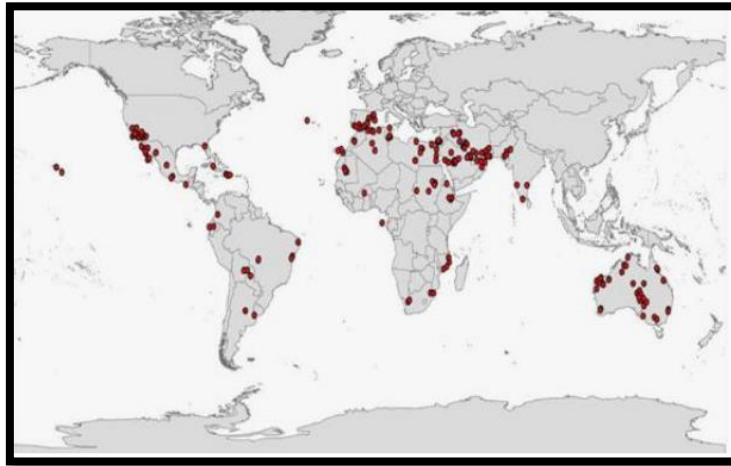
يتمتع نخيل التمر بأهمية بيئية، اجتماعية، واقتصادية لسكان الصحراء. وبصفته ثمرة، يلعب نخيل التمر دورًا مهمًا في النظام الغذائي لسكان المناطق الصحراوية. كما تتميز التمور بقدرتها العالية على المعالجة والحفظ، مما يجعلها مصدرًا غذائيًا مهمًا. [69] كما تتميز التمور بقدرتها العالية على المعالجة والحفظ، مما يجعلها مصدرًا غذائيًا مهمًا. يعود تاريخ زراعة نخيل التمر إلى 4000 قبل الميلاد، ويتركز انتشاره في الشرق الأدنى، شمال إفريقيا، وأمريكا، حيث تتم زراعته تجاريًا بكميات كبيرة. [70]

يتفق معظم علماء النبات على أن المنطقة الصحراوية الشرقية (العراق وبلاد ما بين النهرين) هي الموطن الأصلي لهذا النوع. وقد اقترح أن السومريين (4000-3000 قبل الميلاد) كانوا أوائل من زرعوا نخيل التمر، حيث استخدموا ثماره كغذاء أساسي في وادي دجلة والفرات. [71]

2.9.1. التوزيع الجغرافي لنخيل التمر:

1.2.9.1. في العالم:

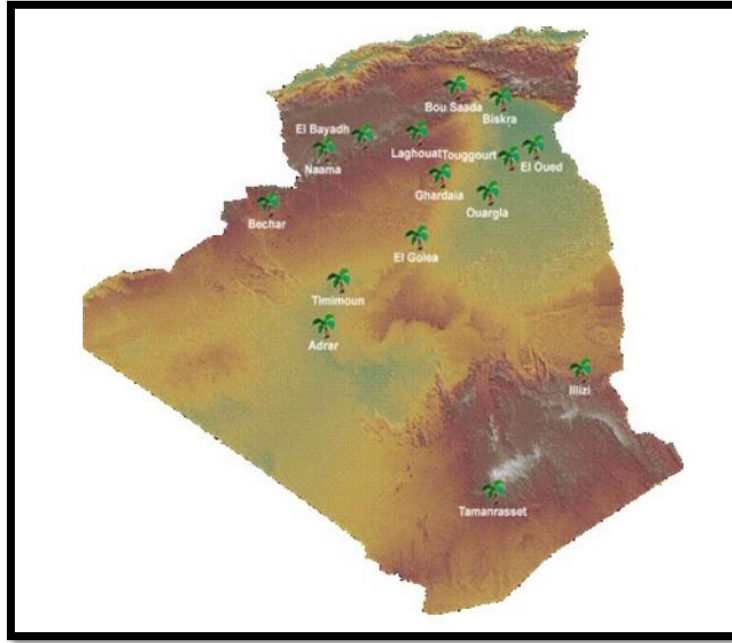
ينتشر نخيل التمر عبر خمس قارات، بما في ذلك مناطق في الشرق الأوسط، وإفريقيا المتوسطة، وأوروبا، وأمريكا الشمالية. تمتد حدوده الجغرافية القصوى بين خطي عرض 10° شمالاً في الصومال و 39° شمالاً في كل من إشي بإسبانيا وتركمانستان. وتُعد المناطق الواقعة بين 24° و 34° شمالاً، مثل المغرب، والجزائر، وتونس، وليبيا، ومصر، والعراق، الأكثر ملاءمة لنموه. أما في الولايات المتحدة، فتتركز زراعته بين خطي عرض 33° و 35° شمالاً. [72]



الشكل (14.1) التوزيع الجغرافي لنخيل التمر في العالم [73]

2.2.9.1. في الجزائر:

تقع الواحات الجزائرية عمومًا في شمال شرق الصحراء الكبرى، حيث تشكل جزءًا من النطاق الواحي. وتمتد زراعة أشجار النخيل على مساحة تُقدَّر بـ 120,830 هكتارًا موزعة عبر 17 ولاية. ومع ذلك، فإن 83.6% من هذه المساحة تتركز في أربع ولايات رئيسية، حيث تحتضن ولاية بسكرة 23% من إجمالي نخيل التمر في البلاد، تليها أدرار بنسبة 22%، ثم الوادي بـ 21%، وأخيرًا ورقلة التي تستحوذ على 15% من هذا التراث الزراعي. [74]



الشكل (15.1) خريطة الجزائر توضح المناطق المختلفة لزراعة النخيل [75]

3.2.9.1. في بسكرة:

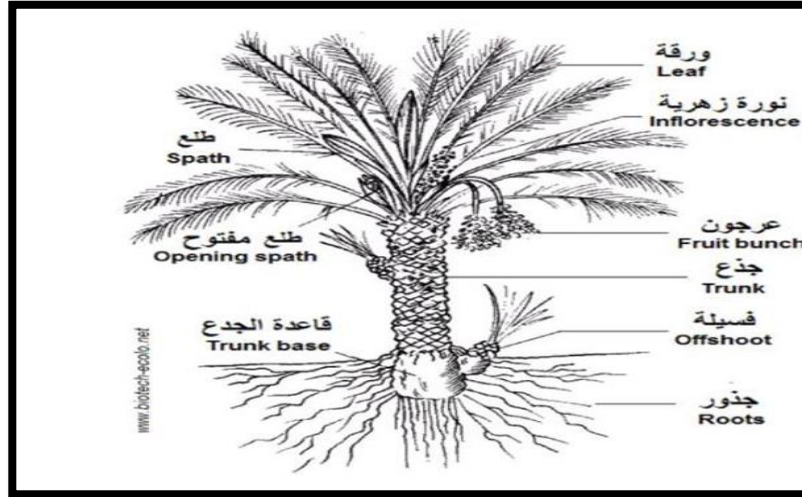
يعتمد القطاع الزراعي في ولاية بسكرة بشكل أساسي على زراعة النخيل، حيث تضم الولاية أكثر من 2,211,111 نخلة مزروعة على مساحة تُقدَّر بـ 22,111 هكتارًا، بمعدل كثافة يبلغ نحو 111 نخلة لكل هكتار. إلى جانب تربية المواشي، يعتمد نظام ريّ الواحات بشكل رئيسي على المصادر المائية التالية: السدود بنسبة (8%)، المياه الجوفية السطحية بنسبة (31%)، الآبار العميقة، التي تُعد المصدر الأساسي، بنسبة (91%).

تتميز تمور بسكرة بجودتها العالية، مما يجعلها من بين الأفضل على المستوى الوطني، لا سيما صنف دقلة نور، الذي يمثل 56% من إجمالي الإنتاج المحلي للتمور [76].

3.9.1. بنية شجرة النخيل :

يتميز هيكل شجرة النخيل بتفرعات متعددة تنشأ من قاعدة جذعها، والذي يكون مغطى بقاعدة أوراق تأخذ لونًا أخضر- بني. يعلو هذا الجذع تاجٌ من الأوراق الطويلة ذات الشكل الريشي المجزأ، بالإضافة إلى السعف الحاد.

في العادة، تنتج شجرة النخيل ما بين 10 إلى 20 ورقة جديدة سنويًا. يتم دعم هذه الأوراق بنسيج شبكي أسطواني مكوّن من ألياف قوية عند قواعدها، مما يوفر غلافًا واقياً محكمًا للبرعم الطرفي، مما يساهم في تعزيز استدامة ونمو الشجرة. [77]



الشكل (16.ا) صورة لبنية شجرة النخيل [78].

4.9.1 تعريف مخلفات النخيل :

وهي كافة النواتج وبقايا النخيل الغير أساسية عند القيام بالعمليات الزراعية وتتمثل في الجذوع، السعف، الليف، اعناق النخيل [79].

1.4.9.1 اعناق النخيل(الكرناف) :

العنق الورقي، المعروف بـ "Pétioles" بالفرنسية و «Pétiole» بالإنجليزية و"كرناف" بالعربية، هو الجزء من السعفة الذي يكون محاطًا بالليف (Fibrillium) يتميز عادةً بعرضه الكبير، حيث يبلغ قطره الطولي نحو 30cm، بينما يتراوح طوله بين (25 و 50 cm) وفقًا لنوع النخيل. يؤدي الكرناف، إلى جانب الليف، دورًا أساسيًا في دعم الجذع وتعزيز حمايته من الأضرار التي قد تنجم عن الحيوانات أو الصدمات الخارجية، إضافةً إلى توفير عزل طبيعي ضد الظروف المناخية القاسية. [80]

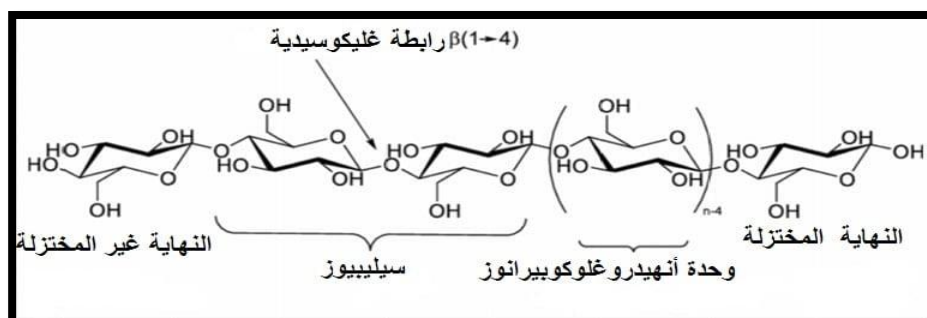


الشكل (17.1) أعناق ورقية جافة (كرناف) [81].

5.9.1 التركيبية العضوية لمخلفات النخيل :

1.5.9.1. السليلوز:

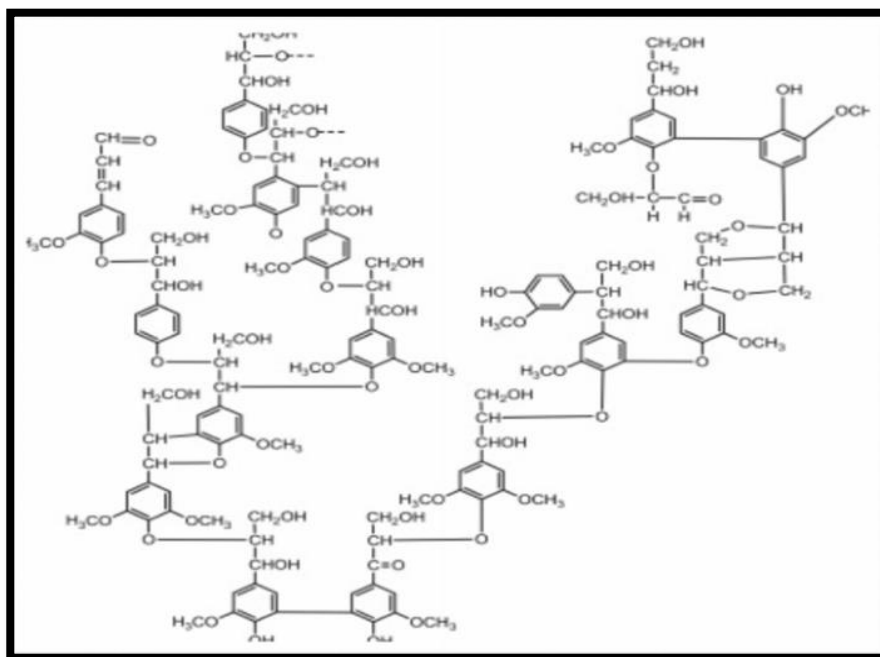
السليلوز هو مركب الكربوهيدرات متعدد السكريات، يتألف من وحدات D – glucopyranose حلقية مستقرة في وضعية الكرسي، مما يمنحه طاقة أقل واستقرارًا أعلى ترتبط عبر روابط β 1.4 – glucosidic تسمح بدورانها حول محور سلسلة السليلوز بزاوية 180° . تحتوي كل وحدة أنهيدروجلوكوز في السلسلة على ثلاث مجموعات هيدروكسيل تفاعلية: مجموعة أولية عند ذرة الكربون C6 ، ومجموعتين ثانويتين عند C2 و C3 موضوعة في مستوى الحلقة [82].



الشكل (18.1) رسم توضيحي للبنية الكيميائية للسليلوز [83].

2.5.9.1. اللجنين:

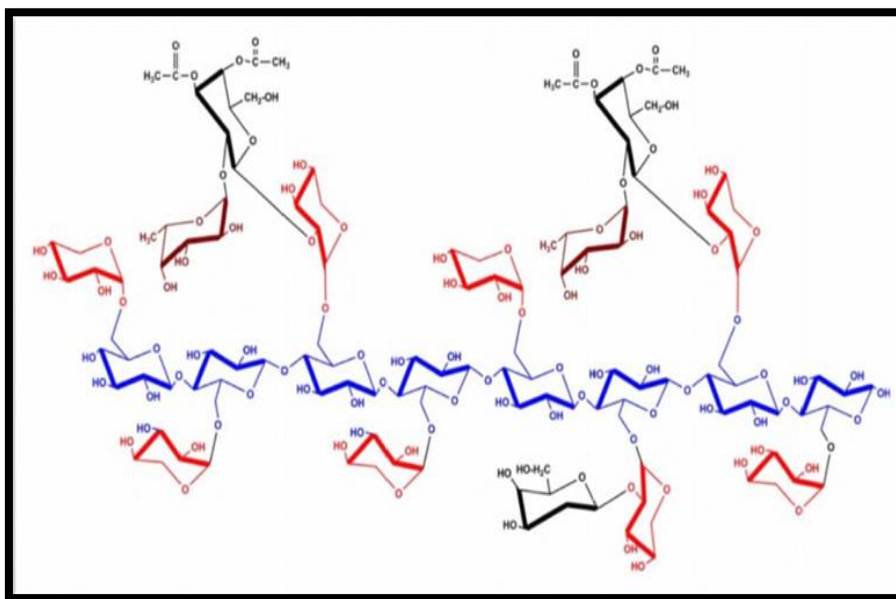
يوجد اللجنين في الخشب بنسبة تتراوح بين 17% و32%، اعتمادًا على نوع النبات ودرجة نموه وعمره، حيث يزداد تركيزه مع تقدم عمر النبات. يلعب اللجنين دورًا رئيسيًا في ربط الألياف السيليلوزية معًا، مما يجعله جزيئًا متفرعًا وليس خطيًا مثل السيليلوز. وعلى الرغم من خصائصه التي تقلل امتصاص الماء نسبيًا، إلا أنه يؤثر على خاصية الانكماش في الخشب.



الشكل (19.1) البنية الكيميائية للجنين [84].

3.5.9.1. الهيميسيليلوز:

يتواجد الهيميسيليلوز في الخشب بنسب تتراوح بين 15% و34%، ويعمل كمادة رابطة مشابهة للجنين. يختلف الهيميسيليلوز عن كل من السيليلوز واللجين في تركيبه وخصائصه الكيميائية، حيث إنه مركب غير ليفي يتكون من سكريات خماسية *furanoses* أو سداسية *puranoses*، أو مزيج منهما ويتحلل مائيًا ليعطي سكريات الهكسوز *hexose* والبننتوز *pentose*. بالإضافة إلى ذلك، فإن الهيميسيليلوز عبارة عن بوليمر غير متبلور.



الشكل (20.1) البنية الكيميائية للهيميسيليلوز [85].

الفصل الثاني:

المواد وطرق العمل التجريبي

1.11 مقدمة :

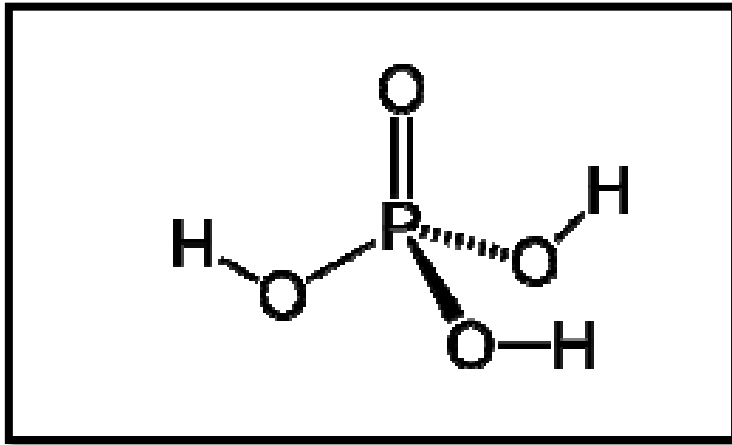
في هذا الجزء التطبيقي، سنجري دراسة حول امتزاز صبغة أزرق الميثيلين بواسطة مخلفات النخيل، وسنستخدم اعناق النخيل (الكرناف)، كمادة مازة في الحالة الطبيعية وفي حالة المعالجة بحمض الفوسفوريك.

2.11 المواد والمحاليل المستعملة :

1.2.11. حمض الفوسفوريك:

حمض الفوسفوريك، المعروف أيضًا بحمض الأورثوفوسفوريك أو فوسفات الهيدروجين، هو مادة صلبة بيضاء في حالته النقية. يحتوي هذا الحمض على عنصر الفوسفور (P)، وهو مكون حيوي وأساسي لعمليات النمو في جميع الكائنات الحية، سواء كانت حيوانية أو نباتية، عند تسخينه، ينصهر حمض الفوسفوريك عند درجة حرارة 42.4°C ليتحول إلى سائل عديم اللون وذو لزوجة عالية. يتميز هذا الحمض بقابلية ذوبان عالية جدًا في الماء

[86].



الشكل (1.11) بنية حمض الفوسفوريك [86]

1.1.2.ii خصائص حمض الفوسفوريك :

- يوجد حمض الفوسفوريك في حالته النقية واللامائية على هيئة مادة بلورية عديمة اللون وذات خاصية استرطابية.
- يتميز حمض الفوسفوريك (H_3PO_4) بخواص أكالة تؤثر بشكل مباشر على المعادن الحديدية، الزنك، والألمنيوم. بينما تحتفظ مواد مثل الفولاذ المقاوم للصدأ، والنحاس، والبرونز، والنحاس الأصفر بمقاومة جيدة عند التعرض للحمض النقي، إلا أن مقاومتها تقل عند التعامل مع الحمض الصناعي أو التقني. وتعتبر مواد الرصاص، الكربون، الجرافيت، وبعض أنواع اللدائن والإيبونيت من بين المواد القليلة القادرة على مقاومة تأثيرات هذا الحمض، مع تحمل درجات حرارة في حدود (100 إلى 110 درجة مئوية).
- حمض الفوسفوريك غير قابل للاشتعال وغير قابل للانفجار. بالمقابل، يترافق تأثيره على المعادن بانطلاق غاز الهيدروجين، وهو غاز شديد الاشتعال ويشكل مع أكسجين الهواء خليطاً متفجراً بين 4 و75% حجماً في الهواء. يمكن لحمض الفوسفوريك أيضاً أن يشكل مخاليط قابلة للاشتعال أو متفجرة مع النترات والكلورات وكربيد الكالسيوم [86].

الجدول (1.ii) الخصائص الفيزيائية الرئيسية لحمض الفوسفوريك [86].

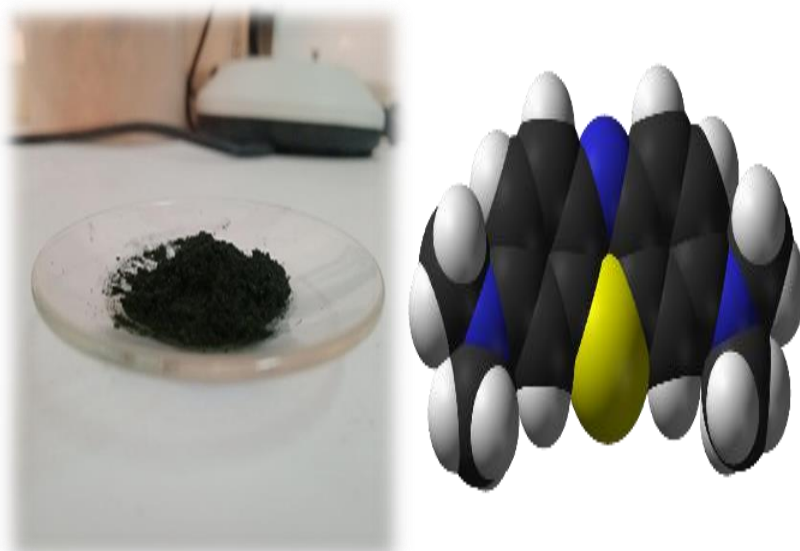
98g/mol	الكتلة المولية
42,35م (pur) - 21م (à 85%) - 17,5م (à 75%)	نقطة الانصهار
213م (pur) - 158م (à 85%) - 135م (à 75%)	نقطة الغليان
1,574 (a 75%) - 1,685 (a 85%) - 1,874 (pur)	الكثافة

75 Pa à - (à 85%)_م200 Pa à 20° - (pur)_م4 Pa à 20°
 (à 75%)_م20°

ضغط البخار

2.2.11 أزرق الميثيلين BM :

أزرق الميثيلين هو مركب كيميائي عطري، ذو صيغة كيميائية $C_{16}H_{18}N_3S$ ، له استعمالات عديدة في المجالات الكيميائية، البيولوجية ويستعمل في درجة حرارة الغرفة. أزرق الميثيلين هو مادة صلبة بكل مسحوق لونه أخضر داكن عديم الرائحة، يعطي محلولاً أزرقاً عندما يذاب في الماء والصيغة المميعة له تحوي 3 جزيئات من الماء وجزء من أزرق الميثيلين [87].

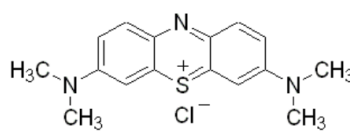


الشكل (2.11) مسحوق وبنية أزرق الميثيلين BM [88].

1.2.2.11. الخصائص الفيزيائية والكيميائية [89]:

يمثل الجدول أدناه الخواص الفيزيائية والكيميائية لأزرق الميثيلين:

الجدول (2.11) الخصائص الفيزيائية-الكيميائية لأزرق الميثيلين [89].

			
400 kg/m ³ à 600 kg/m ³	الكثافة الظاهرية	C ₁₆ H ₁₈ ClN ₃ S	الصيغة الكيميائية
أزرق داكن	اللون	319.86 g/mole	الكتلة المولية
عديم رائحة	الرائحة	صلب	الحالة الفيزيائية
في الماء 50g/L وفي الايثانول 10g/L	الذوبانية عند 20°م	180°م	درجة حرارة الانصهار

الشكل (3.11) الصيغة الكيميائية لأزرق الميثيلين [90]

3.11 طرق ومعدات التوصيف :

1.3.11. المادة الأولية:

تتألف المادة الخام (المادة الأولية) من أعناق النخيل من نوع مش دقلة وقد تم الحصول عليها من مزارع

النخيل في منطقة بسكرة.



الشكل (4.ii) صورة لنخلة مش دقلة بولاية بسكرة.

2.3.ii. تحضير الكربون المنشط من أعناق النخيل:

1.2.3.ii. الطحن:

بعد تنظيف وتقطيع أعناق النخيل (كرناف)، نقوم بطحنها بواسطة آلة الطحن لمدة 10 دقائق ليصبح مسحوق.



الشكل (7.ii) مسحوق الكرناف



الشكل (6.ii) آلة الطحن



الشكل (5.ii) اعناق النخيل (الكرناف)

2.2.3.11. الكربنة:

1.2.2.3.11. فرن كهربائي

وهو من نوع Naberthem ألماني المنشأ ذو مدى حراري يصل إلى 1200 °م [13].



الشكل (9.11) الفرن الكهربائي من الداخل



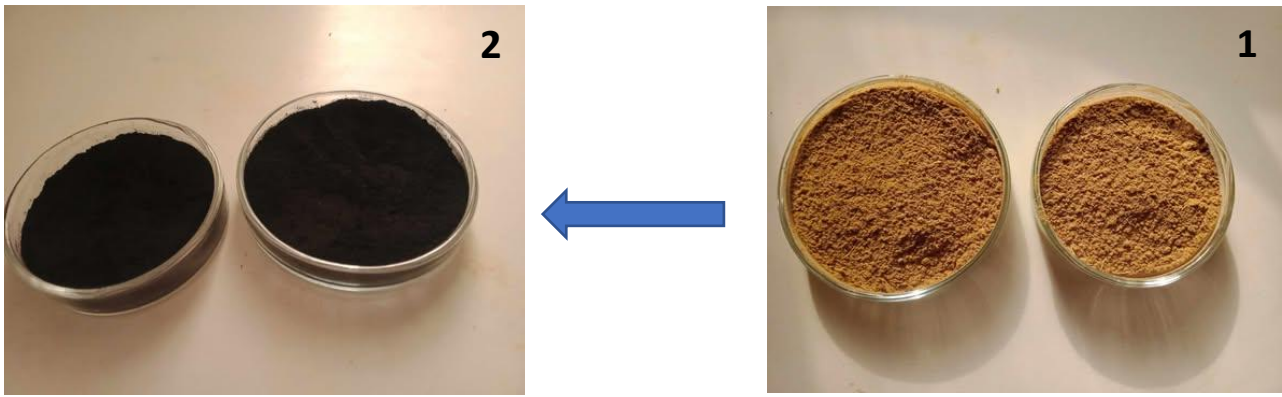
الشكل (8.11) الفرن الكهربائي من الخارج

2.2.2.3.11. طريقة كربنة العينة :

يُوضَع مقدار مناسب من مسحوق أعناق النخيل (الكرناف) في بوتقة، وتُغَلَّف بإحكام للتقليل من تسرب الأكسجين أو دخول الهواء أثناء المعالجة الحرارية. ثم تُوضَع البوتقة داخل فرن كهربائي مضبوط على درجة حرارة معينة، وتُرفع درجة الحرارة تدريجياً حتى تصل إلى هذه القيمة. بعد ذلك، تُنَبَّت درجة الحرارة لمدة ساعتين متواصلتين. عند انتهاء المدة، يُتْرَك النظام ليبرد تدريجياً إلى درجة حرارة الغرفة.



الشكل (10.11) كربنة العينات



الشكل (11.11) مسحوق العينة قبل وبعد عملية الكربنة

3.2.3.11. عملية تحليل العينات بالأشعة تحت الحمراء:

بعد إتمام عملية الكربنة عند درجات الحرارة المحددة، تم تحليل العينة باستخدام مطيافية الأشعة تحت الحمراء (IR) بتقنية الانعكاس الكلي المخفف (ATR)، وذلك بهدف التعرف على التغيرات التي طرأت على التركيب الكيميائي للعينة. شمل التحليل تحديد الروابط الكيميائية التي تفككت أو اختفت، وكذلك تلك التي تكونت نتيجة المعالجة الحرارية عند كل درجة حرارة مختارة [91].

1.3.2.3.11. جهاز الأشعة تحت الحمراء (IR):

تعتمد مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتقنية تحويل فورييه (FTIR) على امتصاص المادة المستهدفة للإشعاع في نطاق الأشعة تحت الحمراء. تسمح هذه التقنية بالكشف عن الاهتزازات المميزة للروابط الكيميائية، مما يمكن من إجراء تحليل دقيق للوظائف الكيميائية الموجودة في المادة. وعندما يكون الطول الموجي للإشعاع المرسل قريباً من طاقة اهتزاز الجزيء، يحدث امتصاص لهذا الإشعاع، مما يؤدي إلى تسجيل انخفاض في شدة الإشعاع المنعكس أو المار عبر العينة. يمتد نطاق الأشعة تحت الحمراء من 400 إلى 4000 cm^{-1} (أي ما يعادل 2.5 إلى $25 \mu\text{m}$)، وهو يتوافق مع نطاق طاقة الاهتزازات الجزيئية. ومع ذلك، لا تُسجّل جميع الاهتزازات على شكل امتصاص في الطيف، إذ يعتمد ذلك على طبيعة الجزيء، لاسيما من حيث هندسته البنوية وتناظره.

فقط الاهتزازات التي تُحدث تغييرًا في ثنائية القطب الكهربائي للجزيء تكون فعالة في امتصاص الأشعة تحت

الحمراء [92].



الشكل (12.ii) مطياف الأشعة تحت الحمراء FT-IR

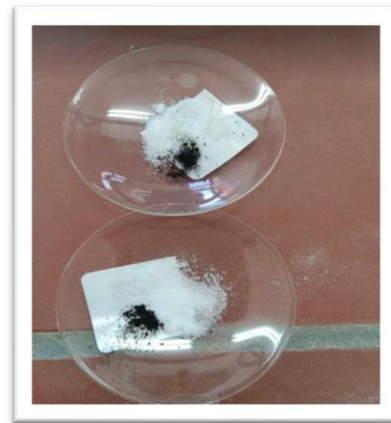
ii. 2.3.2.3. طريقة تحضير العينات:



الشكل (15.ii) وضع
المسحوق في جهاز ضغط
يدوي هيدروليكي من
Specac



الشكل (14.ii) طحن العينات
بواسطة الهاون



الشكل (13.ii) وزن 0.3g
من KBr و 0.001g من
الكربون المنشط



الشكل (17.ii) وضع العينات في جهاز



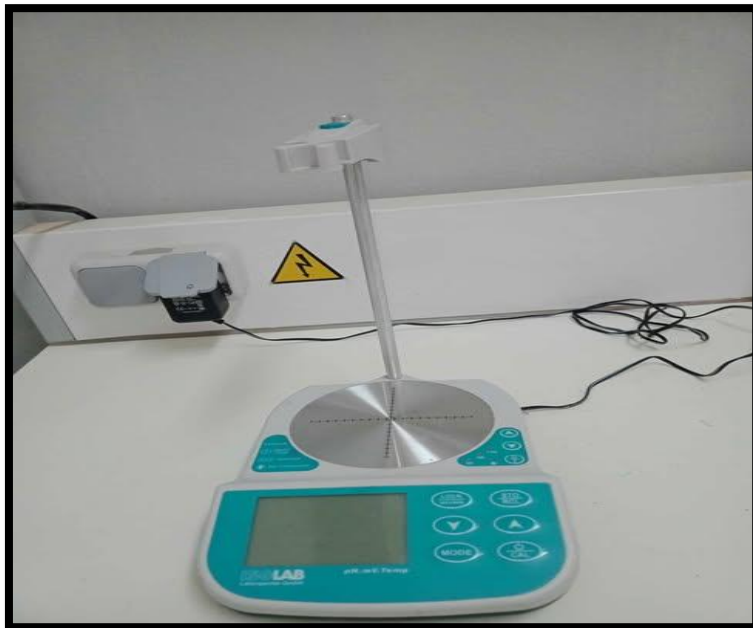
الشكل (16.ii) قرص مُشكّل من الكربون

4.2.3.11. عملية تنشيط الفحم الناتج:

نقوم في البداية بتنشيط العينة بواسطة حمض الفوسفوريك ثم نجري عملية الغسل لتخلص من الشوائب والمواد الزائدة. تُزال العينة من المحلول الحمضي وتُغسل بالماء المقطر مع الاستمرار في قياس الرقم الهيدروجيني للمياه الناتجة حتى يصل إلى القيمة (PH=6). بعد التأكد من تعادل العينة، يتم تجفيفها في فرن عند درجة حرارة مناسبة لضمان إزالة الرطوبة بشكل كامل.



الشكل (18.11) فرن التجفيف الكهربائي



الشكل (19.11) محرك مغناطيسي



الشكل (20.ii) ميزان الكتروني

1.4.2.3.ii. التنشيط بحمض الفوسفوريك:

يُحضَّر محلول من حمض الفوسفوريك بتركيز 40% وفقاً للبروتوكول التجريبي التالي: يخفف الحمض الأصلي

بتركيز 85% باستخدام الماء المقطر، اعتماداً على علاقة التخفيف التالية:

$$C_1 * V_1 = C_2 * V_2: \begin{cases} V_1 = \frac{C_2 * V_2}{C_1} \\ V_1 = \frac{(40 * 50)}{85} \\ V_1 = 23,5 \text{ ml} \end{cases}$$



الشكل (21.ii) محلول حمض الفوسفوريك.

نضيف 23,5ml من حمض الفوسفوريك في بيشر حجمه 100ml، ثم نستكمل الحجم بإضافة الماء المقطر حتى يصل الحجم الكلي إلى 50ml (أي بإضافة 26,5ml من الماء المقطر). بعد ذلك، يُحرَّك المزيج جيّدًا لضمان تجانس المحلول.

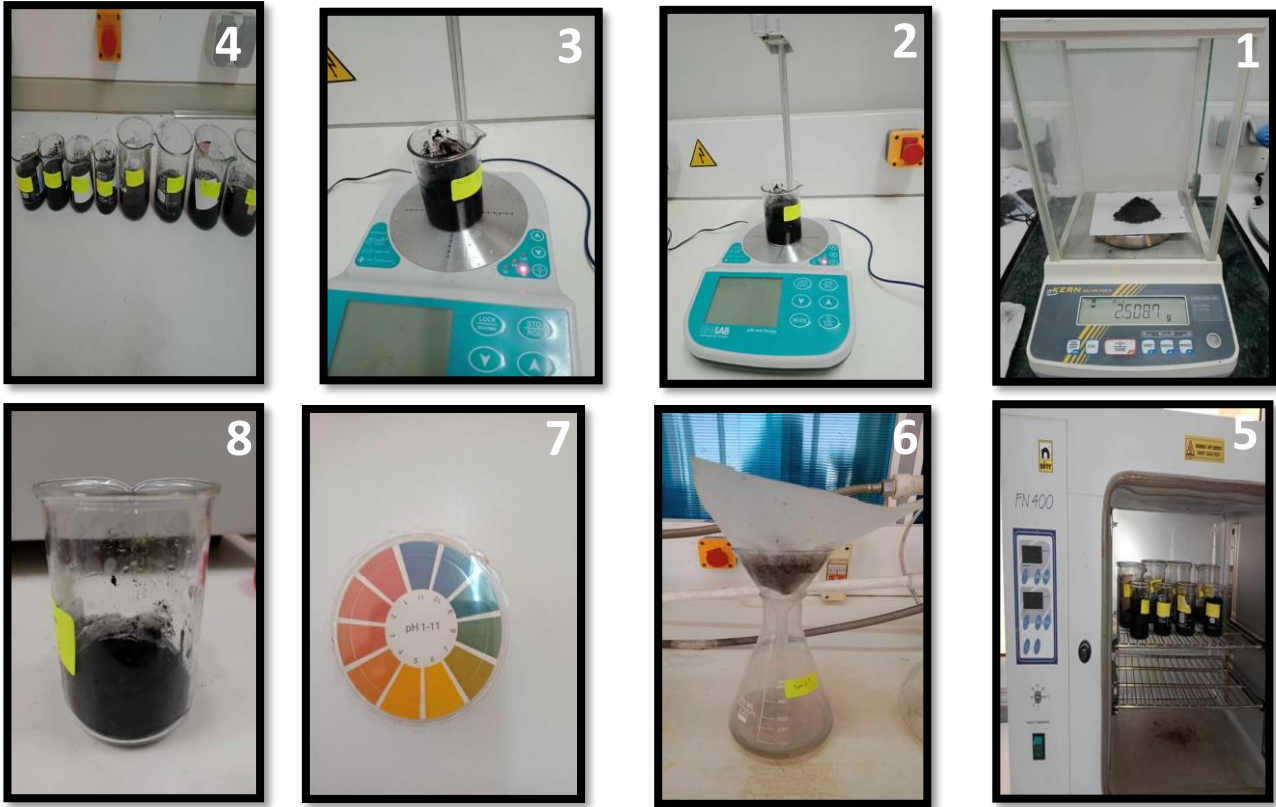


الشكل (22.11) محلول حمض فوسفوريك مخفف.

2.4.2.3.11. خطوات إعادة تنشيط الفحم الناتج بعد الكربنة:

- وزن 2,5g من كل عينة من الفحم.
- نضيف العينات إلى وعاء يحتوي على 100 مل من حمض الفوسفوريك بتركيز 40%.
- نخلط المحتوى بشكل جيد باستخدام محرك مغناطيسي (أو يدويًا إذا لزم الأمر) لمدة 10 دقائق لضمان تجانس المكونات.
- نترك المزيج ليتفاعل لمدة 22 ساعة.
- نضع المزيج في فرن تجفيف على درجة حرارة 110°م لمدة 24 ساعة لضمان إزالة الرطوبة بالكامل.
- نرشح المزيج لفصل الفحم النشط، ثم نغسله بالماء المقطر بشكل متكرر حتى يصل pH الراشح إلى القيمة 6، مما يضمن إزالة بقايا الحمض بشكل كافٍ.

- نجفف الفحم النشط المغسول في فرن التجفيف عند 110°C لمدة 4 ساعات.

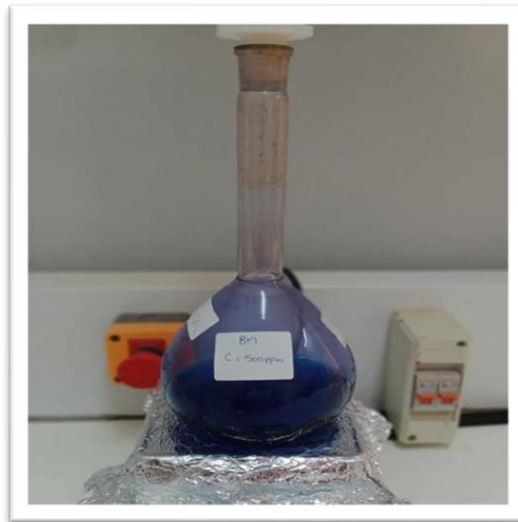


الشكل (23.ii) خطوات إعادة تنشيط الفحم الناتج بعد الكربنة.

5.2.3.ii. تحضير محلول أزرق الميثيلين (BM):

نقوم بتحضير محلول مركز (محلول الام) من أزرق الميثيلين، وذلك من خلال اذابة 0,5 من المادة في 1 لتر

من الماء المقطر، مع الاستمرار في التحريك للحصول على محلول متجانس.



الشكل (24.ii) محلول أزرق الميثيلين (BM).

لتحضير محاليل مخففة بتركيز مختلفة انطلاقاً من المحلول الأم، تم اعتماد علاقة التخفيف التالية:

$$C_m * V_m = C_f * V_f: \begin{cases} V_m = \frac{C_f * V_f}{C_m} \\ V_m = \frac{(10 * 20)}{500} \\ V_m = 0,4 \text{ ml} \end{cases}$$

1.5.2.3.11. ترشيح محلول أزرق الميثيلين BM:

❖ تحضير المحلول:

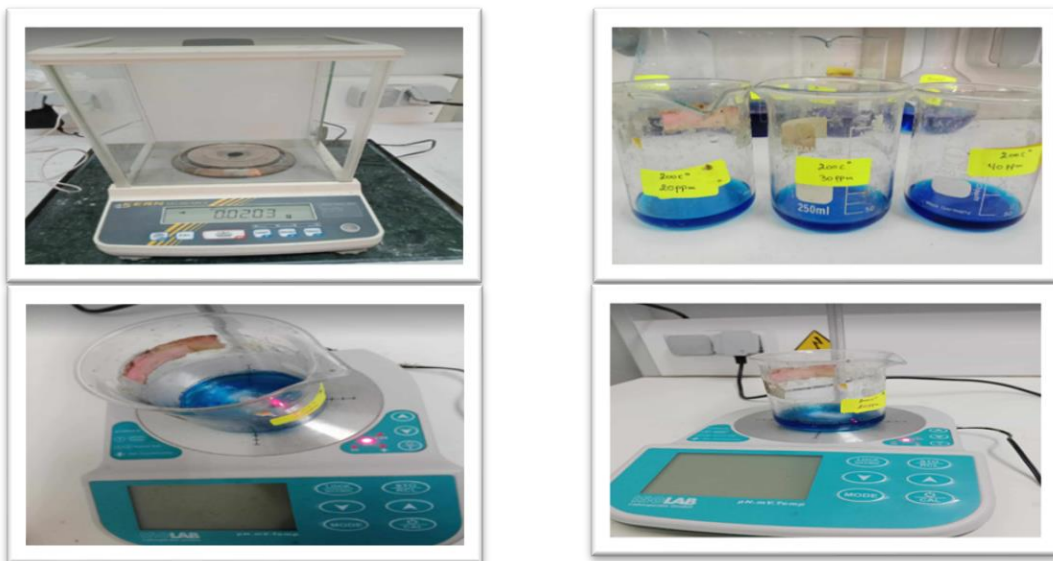
- نحضّر محلول يحتوي على صبغة أزرق الميثيلين بتركيز مناسب للاستخدام في التجارب اللاحقة.

❖ الترشيح:

- يُجرى ترشيح امتزاجي لهذا المحلول باستخدام الكربون المنشط كمادة مازة.
- نزن كمية مقدارها 0,02g من الكربون النشط لكل عينة.
- نضيف الفحم المنشط بكمية محددة إلى المحلول المخفف، مع التحريك المستمر لمدة ساعة.

❖ التحليل:

- نقوم بتحليل كل من المحلول والعينات المرشحة باستخدام مطيافية الأشعة فوق البنفسجية (UV-Vis).



الشكل (25.11) مراحل تشكل أزرق الميثيلين

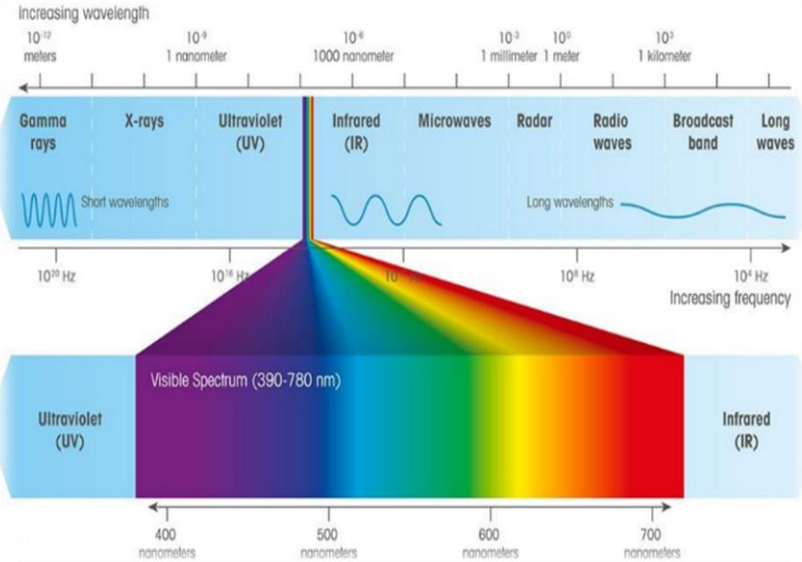
6.2.3.ii. مطياف الأشعة فوق البنفسجية والمرئي (UV-Vis):

تُعد مطيافية الامتصاص الجزيئي في نطاق الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-Vis) إحدى التقنيات التحليلية الشائعة المستخدمة في دراسة ومراقبة المركبات الكيميائية. وتُطبَّق هذه التقنية على أنواع مختلفة من الأنظمة الكيميائية، مثل الجزيئات، والأيونات، والبوليمرات، التي تمتلك القدرة على امتصاص الإشعاع الكهرومغناطيسي ضمن هذا النطاق الطيفي.

1.6.2.3.ii. المجال فوق البنفسجي - المرئي (UV-Visible) :

في الجزيئات، تحدث الانتقالات الإلكترونية ضمن نطاق الأشعة فوق البنفسجية (تقريباً من 10 إلى 400 نانومتر) ونطاق الضوء المرئي (من 400 إلى 800 نانومتر).

- الضوء المرئي: من 800 نانومتر (اللون الأحمر) إلى 400 نانومتر (اللون النيلي).
- الأشعة فوق البنفسجية القريبة (UV proche) : من 400 إلى 200 نانومتر.
- الأشعة فوق البنفسجية البعيدة (UV lointain) : من 200 إلى 10 نانومتر.



الشكل (26.ii) مجال الأشعة فوق البنفسجية - المرئية (UV-VIS)

2.6.2.3.ii. مبدأ:

يوافق انتقال الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (غالبًا من 180 إلى 750 نانومتر) قفزة إلكترون من مدار جزيئي أساسي مشغول (HOMO) إلى مدار جزيئي فارغ ومثار (LUMO). تمتص المادة عندئذ فوتونًا تكون طاقته مساوية لفرق الطاقة بين هذين المستويين الأساسي والمثار. ليست كل الانتقالات الممكنة من الناحية الطاقية مسموحة. الانتقالات المسموحة هي تلك التي تحدث تغييرًا في عزم ثنائي القطب الكهربائي (93).



الشكل (27.ii) مطياف الأشعة فوق البنفسجية - المرئية (UV-VIS)

الفصل الثالث:

البحث

تحليل ومناقشة النتائج

III. مقدمة :

في هذا الفصل، تم تحليل ومناقشة النتائج التجريبية المتعلقة باستخدام الكربون المنشط في معالجة المياه الملوثة بصبغة أزرق الميثيلين. وقد تم اعتماد تقنيتين أساسيتين في هذه الدراسة: الأولى هي التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء باستخدام تقنية تحويل فورييه (FTIR)، والتي مكّنتنا من تحديد المجموعات الوظيفية الفعالة الموجودة على سطح الكربون المنشط. أما التقنية الثانية، فهي التحليل الطيفي في مجال الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV- Vis)، والتي استخدمت لدراسة فعالية امتزاز الصبغة وتقييم مدى إزالة الملوثات من المحلول المائي، وكذلك تحديد معدل الترشيح (% E).

III.1. توصيف العينات باستخدام التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء (IR):

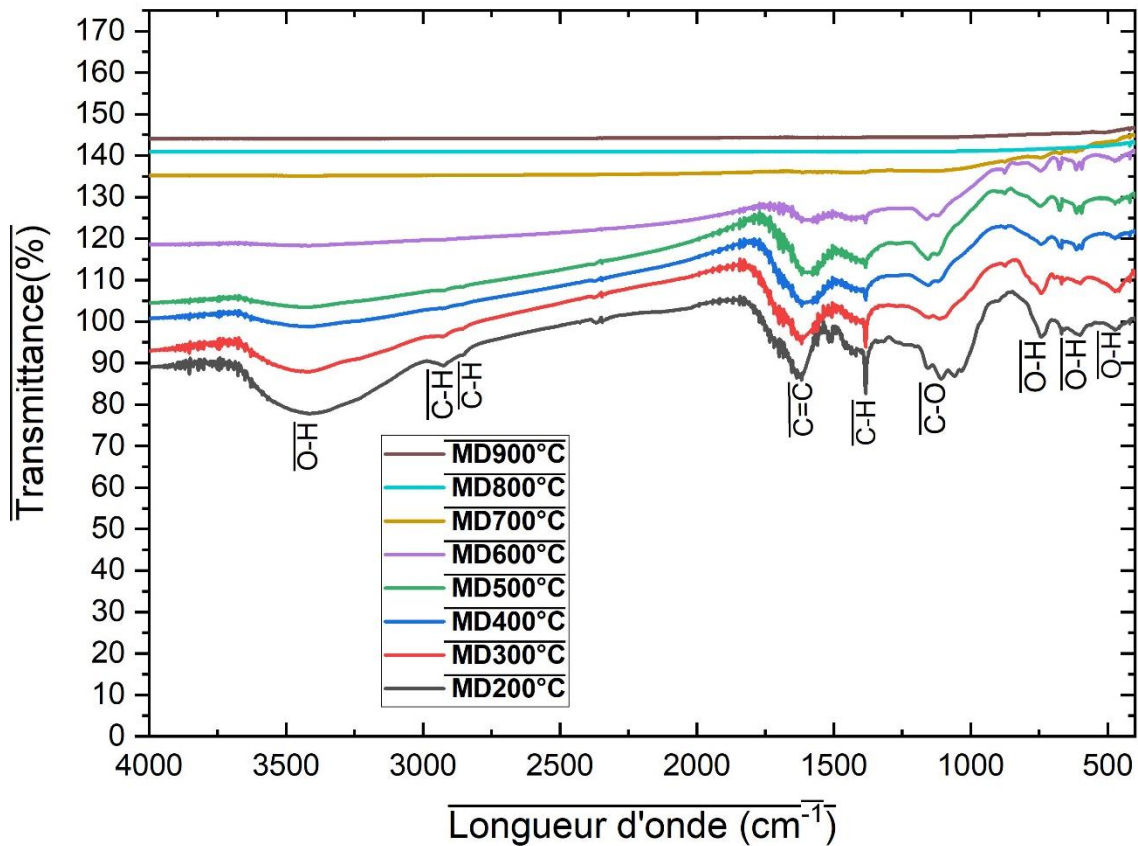
الجدول (III.1): النطاقات الطيفية المميزة لطيف الأشعة تحت الحمراء (IR) [94].

عدد الموجات نوى (cm ⁻¹) التمر	عدد الموجات نوى (cm ⁻¹) التمر	الرابطة
3435	3185-3617	اهتزاز استطالة مجموعة الهيدروكسيل المتماثلة (O-H) _s (مرتبطة) (كحول وفينول)
2930	2922	اهتزاز الاستطالة المتماثلة لمجموعي الميثيل والميثيلين (C-H) _{as}
2860	2851	اهتزاز الاستطالة المتماثلة لمجموعي الميثيل والميثيلين (C-H) _s
2123	2064-2206	اهتزاز مجموعة الألكاين (C≡C) _u
1736, 1332	1746, 1310	اهتزاز الاستطالة لمجموعة الكربونيل (C=O) _u
1643	1622	اهتزاز الاستطالة للأوليفينات (C=C) _u
1505	1506	اهتزاز استطالة الهيكل في الحلقات الأروماتية (C=C)
1465	1457	اهتزاز (C-H) _δ : (-CH ₂ =)

1380	1374	اهتزاز $\delta(\text{C-H})$: $(-\text{CH}_3-)$
1252	1243	مجموعة الإسترات أو الإيثرات أو الفينولات
1113	1108	مجموعة الكحول
1046	1067	اهتزاز الاستطالة (C-O)
897	867	الاهتزازات المشتقة من البنزين $\delta(\text{C-H})$
660	452-767	اهتزاز التمديد لمجموعة الهيدروكسيل $\delta(\text{O-H})$

1.1.III. طيف الأشعة تحت الحمراء للكاربون CA :

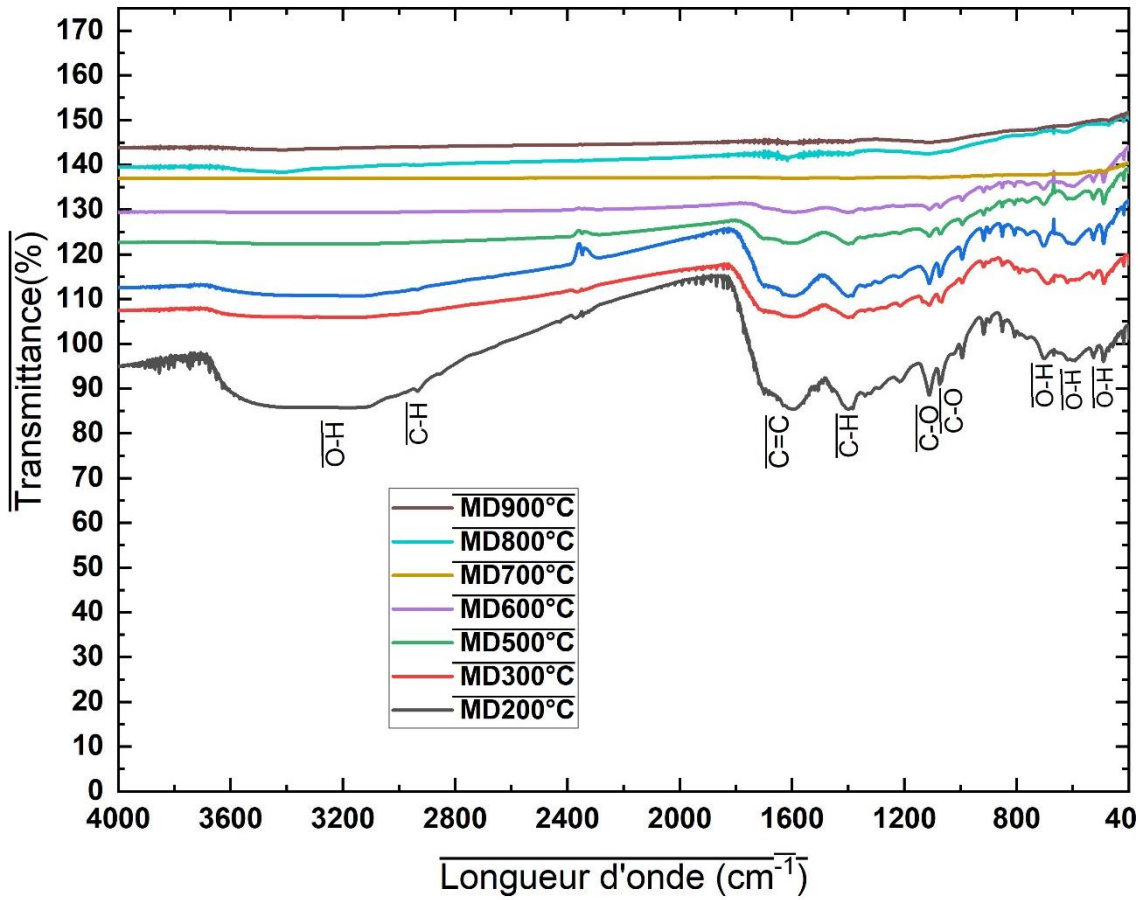
❖ التحليل في النطاق بين (200م°-900م°) لمسحوق الكربون غير المنشط لكرناف مش دقلة MD :



الشكل (1.III) منحنى الأشعة تحت الحمراء للكاربون غير المنشط لكرناف مش دقلة عند درجات

حرارة كربنة مختلفة (200م°-900م°)

❖ التحليل في النطاق بين (200°م-900°م) لمسحوق الكربون المنشط لكرناف مش دقلة MD:



الشكل (2.III) منحني الأشعة تحت الحمراء لمسحوق الكربون المنشط لكرناف مش دقلة عند درجات حرارة

كربنة مختلفة (200°م-900°م)

ملاحظة:

رغم أننا أعدنا التجربة عدت مرات لكن للأسف لم نتحصل على نتائج جيدة وواضحة تسمح لنا بدراسة الروابط بصفة دقيقة، وهذا ربما بسبب وجود خلل في جهاز مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه الخاص بالمخبر البيداغوجي لكن رغم ذلك سنقوم بالمقارنة مع قائمة الروابط المرجعية الواردة في الجدول III - 1. حيث لوحظ ظهور

عدة نطاقات امتصاص طيفية مميزة ضمن المدى الحراري الواقع بين 200°م و 900°م في الأطياف الموضحة أعلاه:

- نطاقات امتصاص لروابط **O-H** (مرتبطة) بامتصاص متوسط: $3000-3500\text{cm}^{-1}$
- روابط **C-H** بامتصاص ضعيف: حوالي 2926.11cm^{-1}
- روابط **C-H** بامتصاص ضعيف: حوالي 2930.59cm^{-1}
- روابط **C-H** بامتصاص ضعيف: حوالي 2850.74cm^{-1}
- روابط **C-H**: حوالي 1380.93cm^{-1}
- روابط كربونيل **C=C** بامتصاص متوسط: حوالي 1622cm^{-1}
- روابط كربونيل **C=C** بامتصاص متوسط: حوالي 1624.91cm^{-1}
- روابط **C-O** (مجموعة الكحولات الثانوية): حوالي 1100cm^{-1}
- روابط **C-O** (مجموعة الكحولات الثانوية): حوالي 1108cm^{-1}
- روابط **C-O** (مجموعة الكحولات الأولية): حوالي 1066cm^{-1}
- روابط $\delta(\text{O-H})$ لمجموعة الهيدروكسيل: حوالي 747cm^{-1}
- روابط $\delta(\text{O-H})$ لمجموعة الهيدروكسيل: حوالي 607cm^{-1}
- روابط $\delta(\text{O-H})$ لمجموعة الهيدروكسيل: حوالي 605cm^{-1}
- روابط $\delta(\text{O-H})$ لمجموعة الهيدروكسيل: حوالي 601cm^{-1}
- روابط $\delta(\text{O-H})$ لمجموعة الهيدروكسيل: حوالي 484cm^{-1}
- روابط $\delta(\text{O-H})$ لمجموعة الهيدروكسيل: حوالي 462cm^{-1}

باستثناء الاختلافات في شدة وعرض الحزم الطيفية، فإن طبيعة الروابط الكيميائية الظاهرة في الشكلين (III) - (1) و (III-2) تظهر تشابها واضحا ويشير ذلك الى أن الكربون المستخلص من أعناق نخيل (الكرناف) مش دقلة يتكون بصورة رئيسية من مادة كربونية تحتوي على بنى ومجموعات الهيدروكسيل، المركبات العطرية والكحولات [95,96].

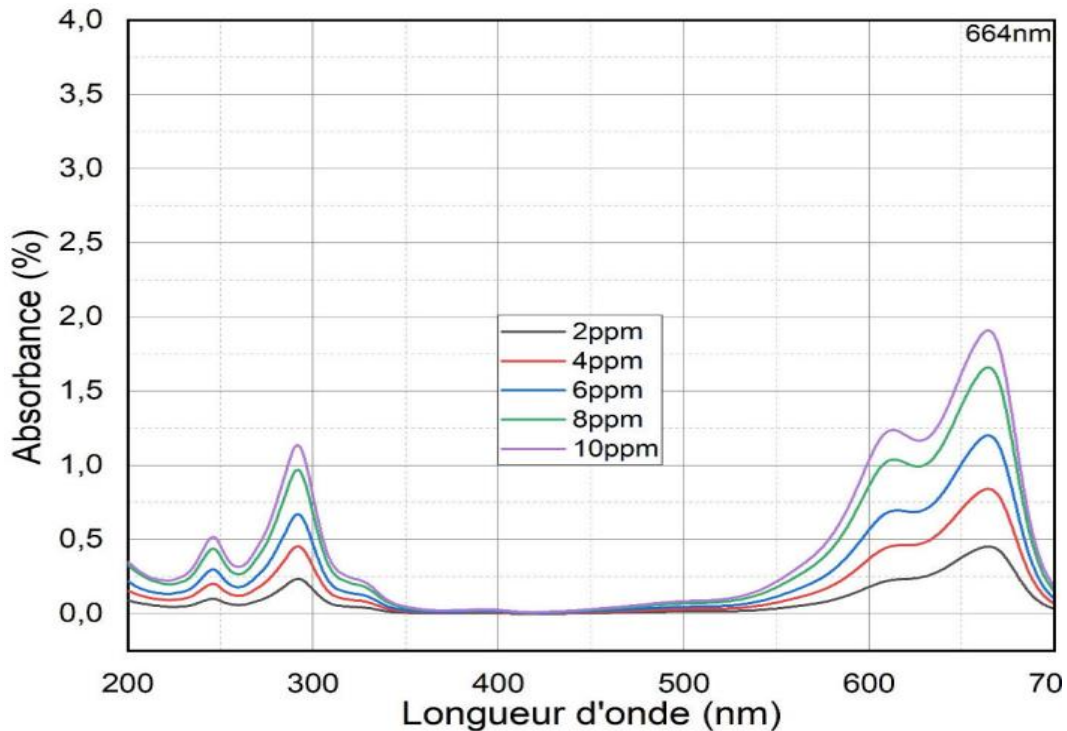
بالنظر إلى النتائج المتحصل عليها من التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR) للعينات الكربونية المُحضّرة ضمن مدى حراري يتراوح بين (900 - 200°م)، تُظهر الأطياف الموضحة في الأشكال وجود مجموعات وظيفية سطحية متماثلة. وتتجلى هذه المجموعات في نطاقات امتصاص طيفية مميزة تشير إلى الروابط الكيميائية المتكونة نتيجة لعمليتي الكربنة والتنشيط. وعلى وجه التحديد، نلاحظ من خلال دراسة المنحنيات الطيفية أن ارتفاع درجة حرارة الكربنة يؤدي إلى انخفاض تدريجي في شدة قمم الامتصاص المميزة للمجموعات الوظيفية السطحية، وعلى رأسها مجموعات الهيدروكسيل (O-H) عند النطاق ($3000-3500\text{cm}^{-1}$)، وروابط مجموعتي الميثيل والميثيلين (C-H) عند النطاق ($2922-2930\text{cm}^{-1}$)، بالإضافة الى روابط (C-O) الظاهرة في نطاق ($1000-1150\text{cm}^{-1}$) وروابط للأوليفينات (C=C) في نطاق ($1622-1642\text{cm}^{-1}$). هذا الانخفاض في شدة القمم يعكس التحلل التدريجي للمواد العضوية ويبين مدى تحول المادة الى تركيب أكثر نقاوة وغني بالكربون خاصة عند درجات الحرارة المرتفعة. ونلاحظ أيضا أن التنشيط الكيميائي بحمض الفوسفوريك له دور أساسي في إزالة المخلفات الغير كربونية وفتح مسامات إضافية وهذا ما يؤدي الى زيادة المساحة السطحية للمادة، تظهر أطياف FT-IR للكربون المنشط (الشكل III-2) كما أقل حدة مقارنة بالشكل (الشكل III-1) للكربون الغير منشط مما يبين كفاءة التنشيط في إزالة المجموعات الوظيفية الغير مرغوب بها، حيث أن الكل (III-2) يتميز بدقة طيفية كبيرة في نطاق الأطوال الموجية المنخفضة (400cm^{-1})، وهذا ما يسمح بتحليل دقيق ومفصل للتركيب البنوي لمادة اعناق النخيل مش دقلة.

يمكن تلخيص التغيرات الظاهرة على الاطياف المحصل عليها كما يلي:

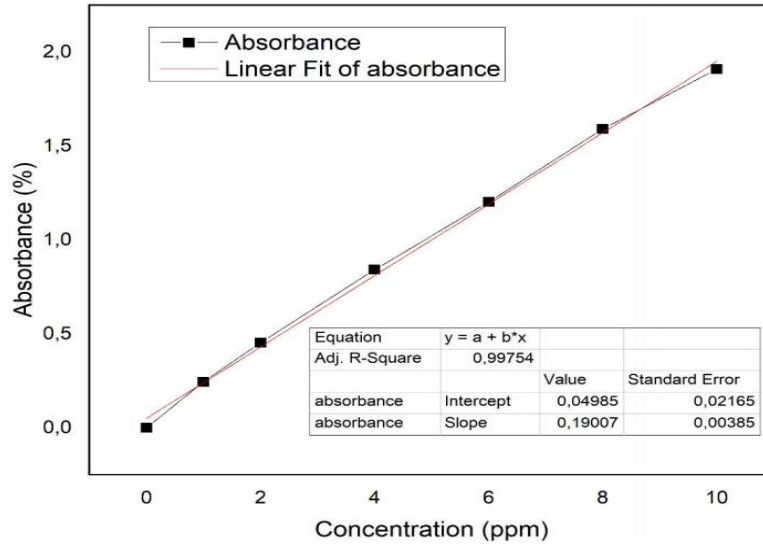
- درجة الحرارة 600 °م تعتبر مفصلية في المعالجة الحرارية اين نلاحظ انطفاء كبير في نطاقات الروابط وقد يفسر ذلك بانكسارات كبيرة وكثيرة للروابط بفعل الحرارة التي تجاوزت هذه الدرجة.
- فعل التنشيط بالحمض اذى الى ظهور روابط جديدة وانكسار روابط قديمة مما اذى الى زيادة في عرض النطاقات الخاصة بها غالبا ما تكون نتيجة تزامم الروابط الموجودة في درجات الحرارة الأقل من 600°م.
- نطاق الهيدروكسيل المرتبط يتناسب عكسا مع الحرارة ويختفي بصفة شبه نهائية بعد درجة الحرارة 600°م.

2.III توصيف العينات بواسطة أطياف الأشعة فوق البنفسجية و المرئية UV-VIS:

لدراسة فعالية ظاهرة الامتزاز، اعتمدنا على تقنية التحليل الطيفي في نطاق الأشعة فوق البنفسجية والمرئية (UV-VIS)، وذلك بالاستناد إلى البروتوكول التجريبي الموضح في الفصل الثاني. قبل البدء في إجراء القياسات، قمنا بتحضير خمسة محاليل من أزرق الميثيلين (BM) بتركيزات مختلفة (2,4,6,8,10ppm)، بعد ذلك قمنا بقياس الامتصاصية لكل محلول بهدف إنشاء منحنى المعايرة. من هذا المنحنى استخلصنا ميل الخط (slope=0,19007ppm)، الذي تم استخدامه لاحقاً في حساب تراكيز المحاليل الناتجة عن تجارب الامتزاز.

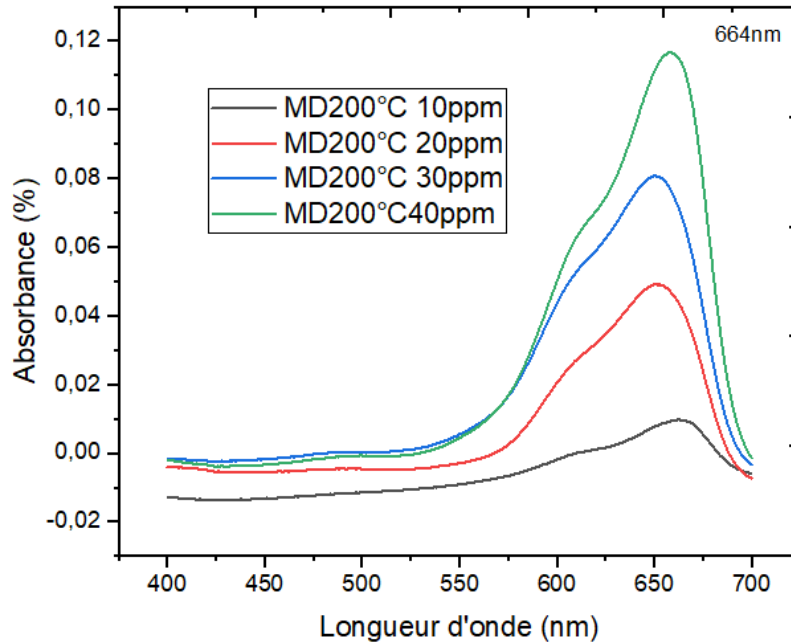


الشكل (a.3.III) منحنى الامتصاصية كدالة للطول الموجي [91]

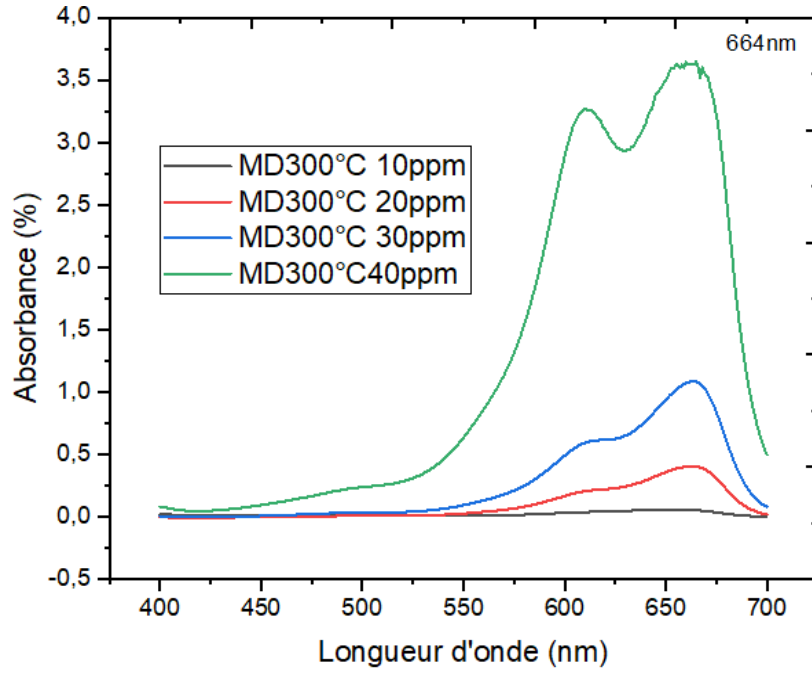


الشكل (b.3.III) منحنى المعايرة لمحلول أزرق الميثيلين (BM) [91].

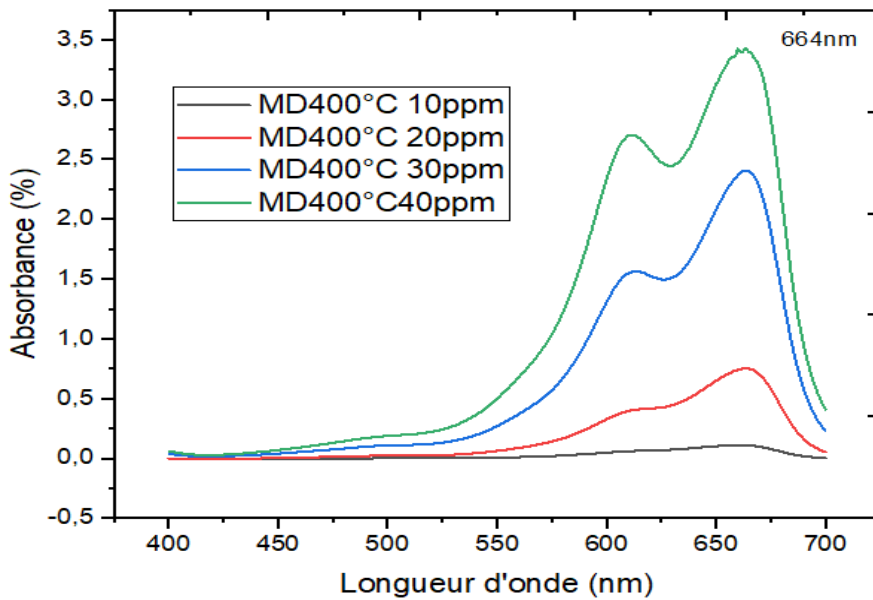
يوضح الشكل الأول منحنى الامتصاصية كدالة للطول الموجي. مما يتيح لنا استنتاج الشكل الثاني، والذي يبين وجود علاقة طردية بين تركيز محلول أزرق الميثيلين ومعدل الامتصاص. نلاحظ من خلاله أن زيادة تركيز أزرق الميثيلين تؤدي إلى ارتفاع في الامتصاصية، وهو ما ينعكس في انخفاض النفاذية (T)، وهذا بدوره يسمح بإمكانية التنبؤ بالتركيز المتبقية من أزرق الميثيلين بعد عملية الامتزاز.



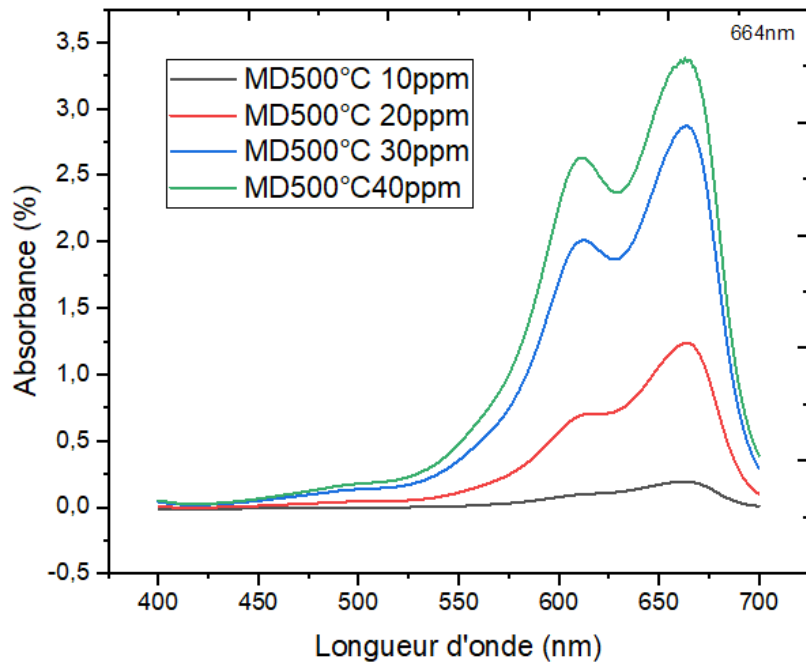
الشكل (4.III) تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) على كفاءة المادة المازة CA (مش دقلة MD 200°م)



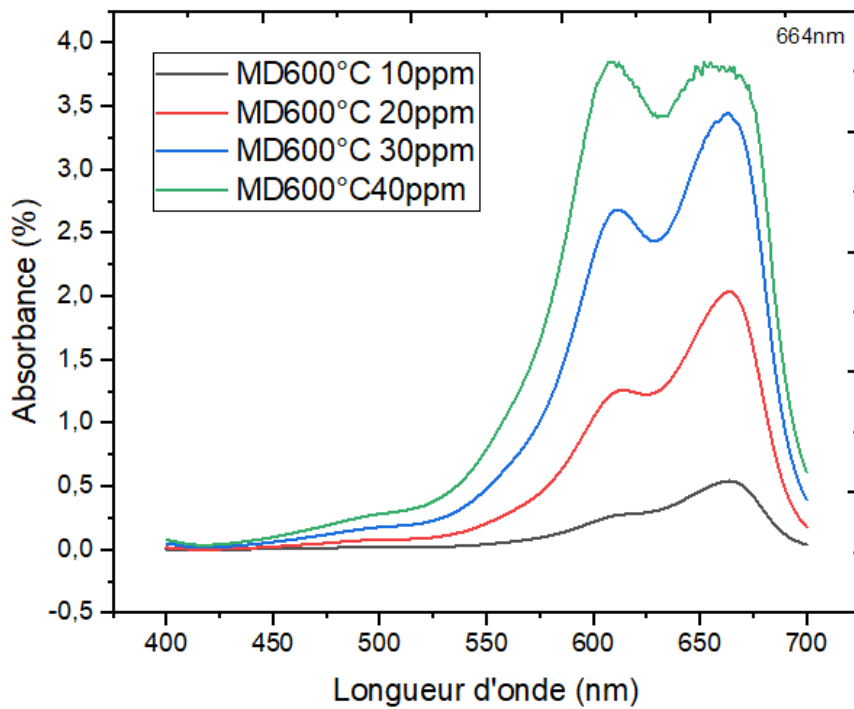
الشكل (5.III) تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) على كفاءة المادة المازة (CA) مش دقلة (MD 300°م)



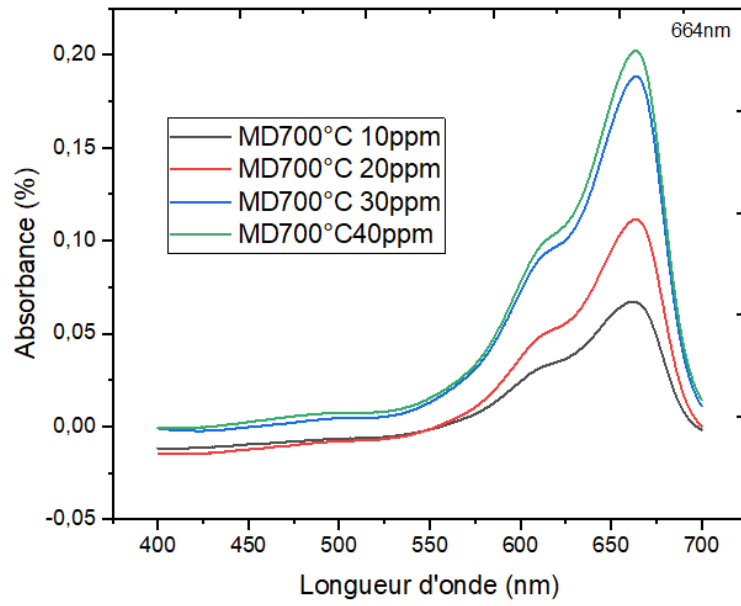
الشكل (6.III) تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) على كفاءة المادة المازة CA (مش دقلة (MD 400°م)



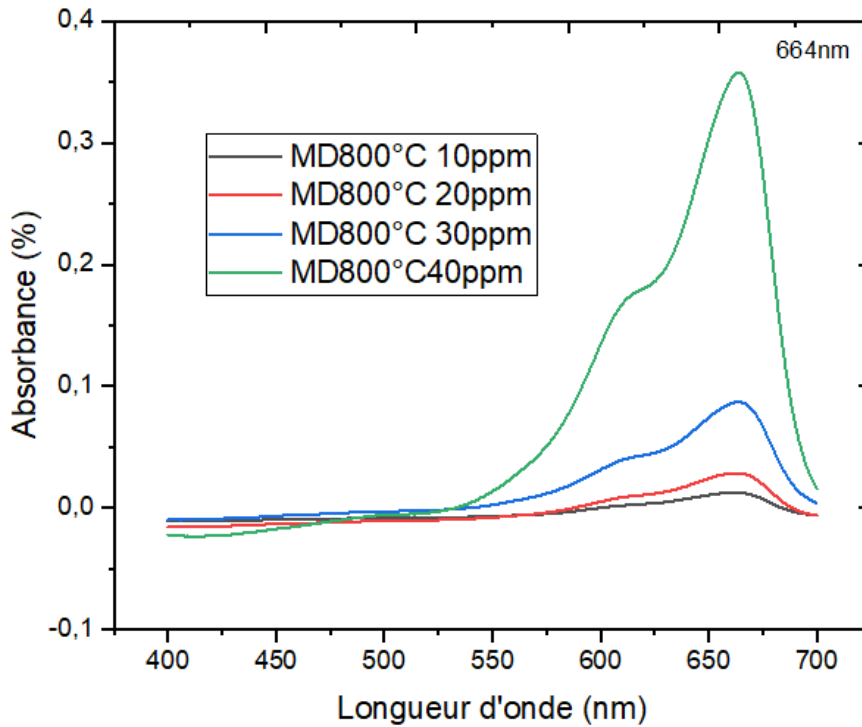
الشكل (7.III) تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) على كفاءة المادة المازة CA (10-40ppm) (مش دقلة MD 500°م)



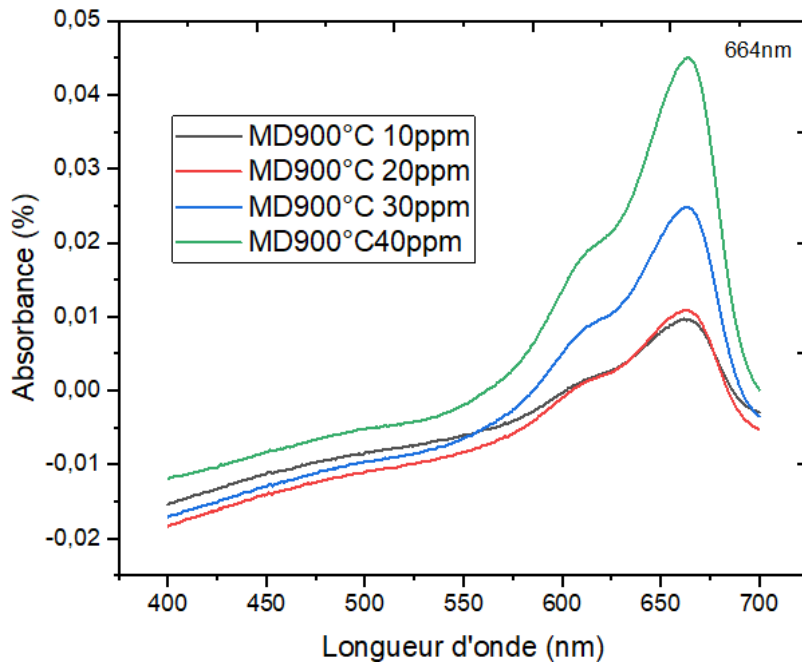
الشكل (8.III) تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) على كفاءة المادة المازة CA (10-40ppm) (مش دقلة MD 600°م)



الشكل (9.iii) تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) على كفاءة المادة المازة CA (10-40ppm) (مش دقلة MD 700°م)



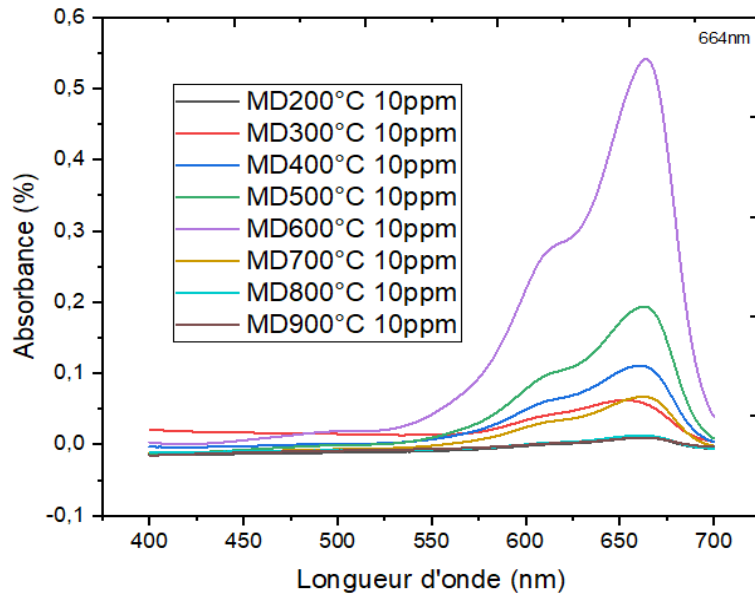
الشكل (10.iii) تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) على فعالية المادة المازة CA (10-40ppm) (مش دقلة MD 800°م)



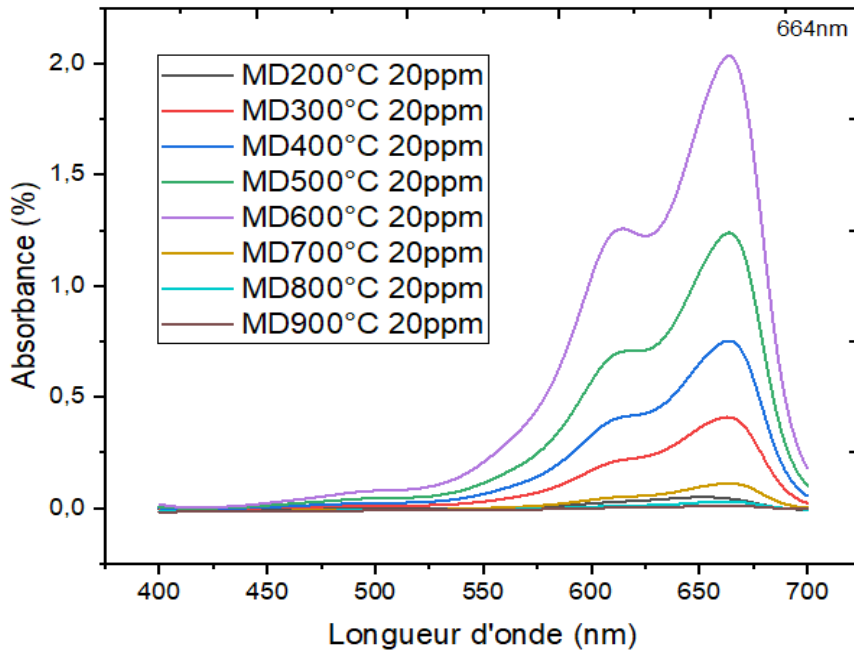
الشكل (11.iii) تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) على فعالية المادة المازة CA (مش)
دقلة MD 900م°)

تمثل الأشكال (III-4)، (III-5)، (III-6)، (III-7)، (III-8)، (III-9)، (III-10)، (III-11) تأثير تركيز أزرق الميثيلين (BM) (10-40ppm) في المحلول على كفاءة الترشيح بواسطة الكربون المنشط CA المحضر من اعناق نخيل (كرناف) مش دقلة عند درجات حرارة معينة. حيث تظهر النتائج توازن بين درجة تحضير الكربون المنشط (عملية الكربنة) وتركيز أزرق الميثيلين BM، حيث نلاحظ من خلال هذه النتائج أنه عند التركيز (10ppm) من أزرق الميثيلين تصل كفاءة الكربون المنشط المحضر عند درجات الحرارة الأقل من (400م°) الى نسبة ترشيح عالية جدا تكاد أن تكون إزالة كلية للصبغة أزرق الميثيلين من المحلول في حين وعند كل من 500م° و 600م° يكون الترشيح منخفض نسبيا ليستعيد فعاليته عند 700م°. وهذا يبين أنه حتى وإن كان هناك تشبع تام للروابط الذرية للمادة الولية والتي تمثل أعناق النخيل (كرناف) مش دقلة، فإن تأثير المسامات السطحية الدقيقة للكربون المنشط تعد عاملا رئيسيا في عملية الترشيح. حيث يعتبر الامتزاز عند درجات الحرارة المنخفضة عبارة عن امتزاز فيزيائي أكثر من كونه امتزاز كيميائي بالتصاق جزيئات محلول أزرق الميثيلين على سطح

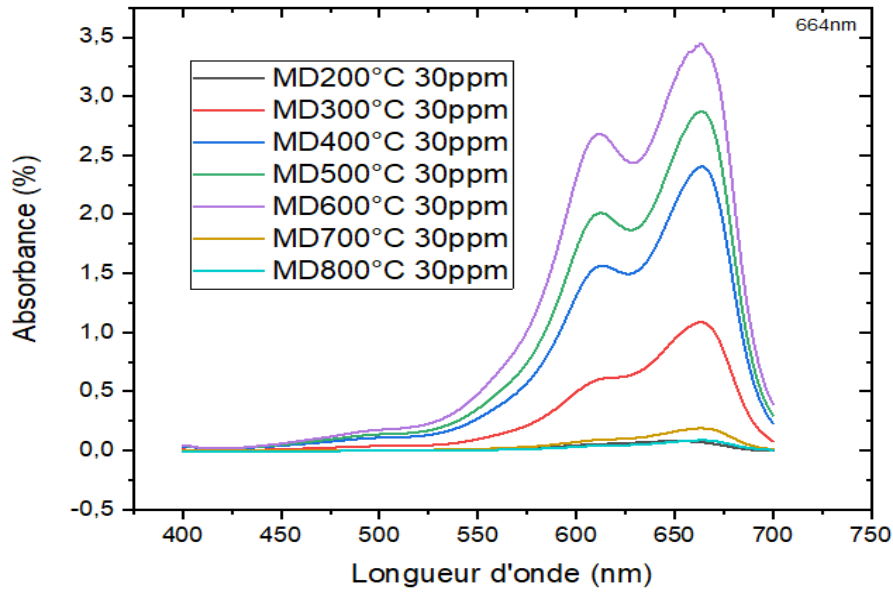
مسامات الكربون المنشط. ومنه نستنتج ان المساحة السطحية النوعية للكربون المنشط تلعب دورا مهما في كفاءة اداءه في إزالة صبغة أزرق الميثيلين BM من المحلول.



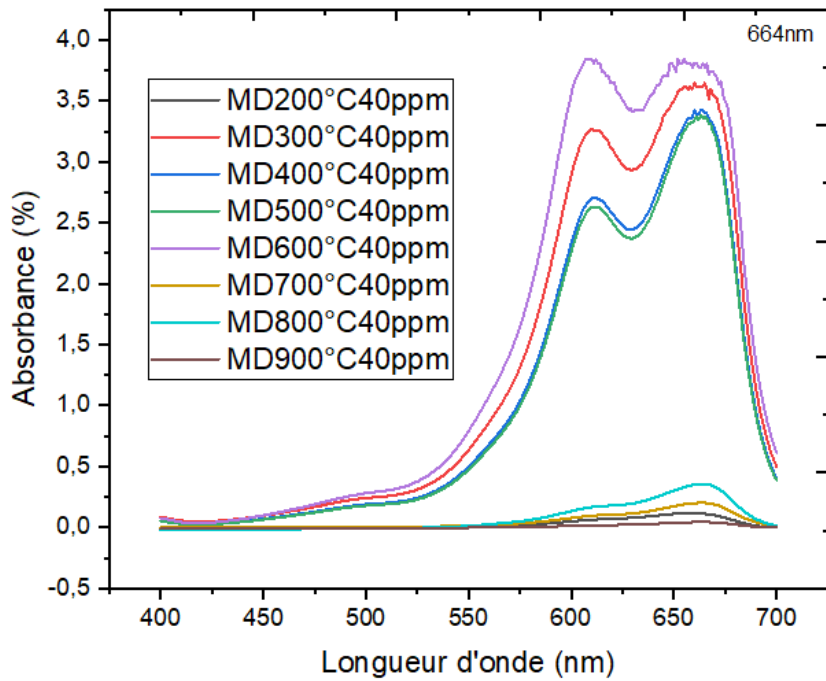
الشكل (12.III) تأثير درجة الحرارة على كفاءة الكربون المنشط CA المستخلص من (مش دقلة MD) في محلول يحتوي على صبغة الميثيلين الأزرق BM (10ppm).



الشكل (13.III) تأثير درجة الحرارة على كفاءة الكربون المنشط CA المستخلص من (مش دقلة MD) في محلول يحتوي على صبغة الميثيلين الأزرق BM (20ppm).



الشكل (14.III) تأثير درجة الحرارة على كفاءة الكربون المنشط CA المستخلص من (مش دقلة MD) في محلول يحتوي على صبغة الميثيلين الأزرق (30ppm)BM.



الشكل (15.III) تأثير درجة الحرارة على كفاءة الكربون المنشط CA المستخلص من (مش دقلة MD) في محلول يحتوي على صبغة الميثيلين الأزرق (40ppm)BM.

تمثل الأشكال (12. III)،(13. III)،(14. III)،(15. III) تأثير درجة حرارة الكربنة (200م°-900م°) على كفاءة الكربون المنشط CA المستخلص من اعناق نخيل كرناف مش دقلة (MD) في محلول يحتوي على أزرق الميثيلين BM. تظهر النتائج انه هناك توازن بين درجة تحضير الكربون المنشط (عملية الكربنة) وتركيز أزرق الميثيلين BM. بالإضافة الى الملاحظة السابقة فيما يخص درجات الحرارة الصغيرة فإنه باستعمال منحنيات ذات نفس التركيز نلاحظ ان عملية الترشيح أكثر كفاءة وفاعلية عند درجات الحرارة المرتفعة (700م° و800م° و900م°) بالاضافة الى درجة الحرارة المنخفضة 200م°.

وحتى يتسنى لنا تحليل النتائج بصفة فعالة نقوم بالتعبير عن عملية الترشيح بطريقة الاعمدة البيانية كما يلي:

1.2.III معدل الترشيح :

يتم حساب امتزاز الكربون المنشط أو معدل ترشيح الأصباغ وفقاً للعلاقة التالية [92]:

$$E(\%) = \frac{C_0 - C_{BM}}{C_0}$$

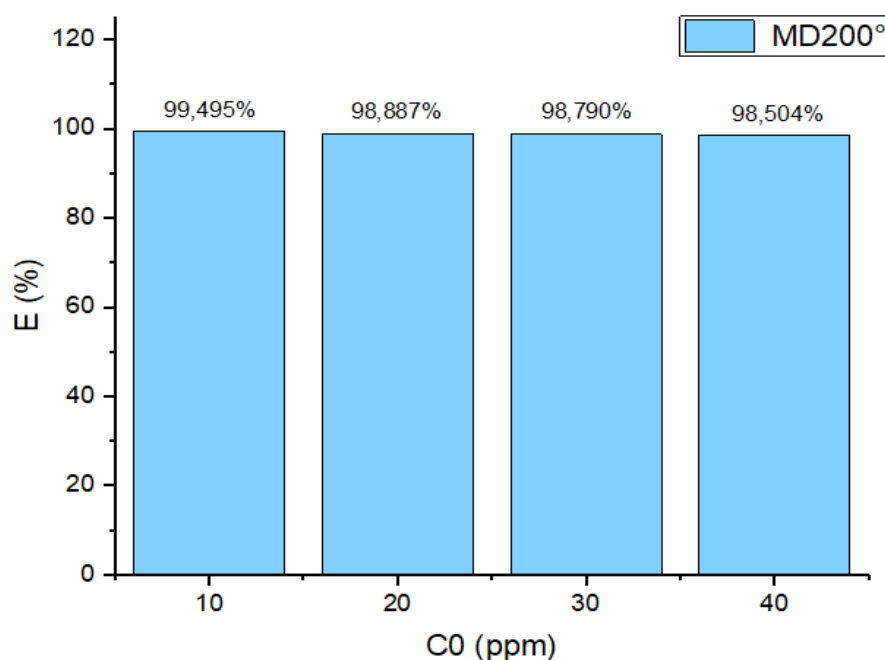
C_0 : تركيز صبغة أزرق الميثيلين في المحلول الابتدائي.

C_{BM} : نسبة الامتصاص في المحلول بعد الترشيح باستخدام الكربون المنشط.

$E(\%)$: كفاءة الامتزاز (نسبة مئوية، بدون وحدة)

الجدول (2.III) تركيز الصبغة المتبقي، والمرشح، والممتز، وكفاءة الإزالة عند (200م°)

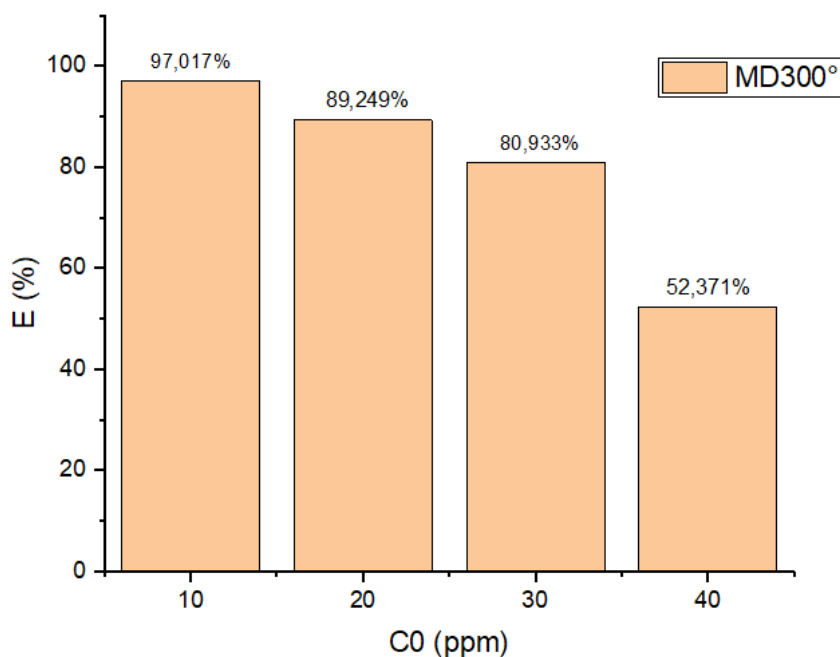
T	200م°			
$C_0(\text{ppm})$	10	20	30	40
A	0.0096	0.0423	0.0690	0.1137
$C_{BM}(\text{ppm})$	0.0505	0.2225	0.3630	0.5982
E(%)	99.4950	98.8875	98.79	98.5045



الشكل (16.III) أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (200°م)

الجدول (3.III) تركيز الصبغة المتبقي، والمرشح، والممتز، كفاءة الإزالة عند (300°م)

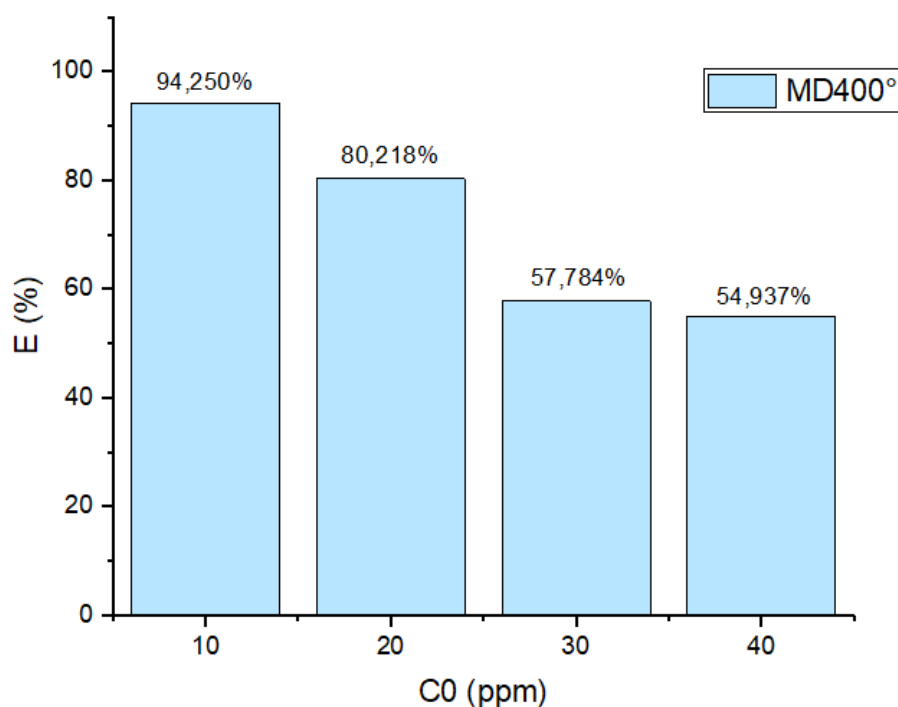
T	300°م			
C_0 (ppm)	10	20	30	40
A	0.0567	0.4087	1.0872	3.6211
C_{BM} (ppm)	0.2983	2.1502	5.7199	19.0514
E(%)	97.017	89.249	80.9336	52.3715



الشكل (17.III) أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (300°م)

الجدول (4.III) تركيز الصبغة المتبقي، والمرشح، والممتز، وكفاءة الإزالة عند (400°م)

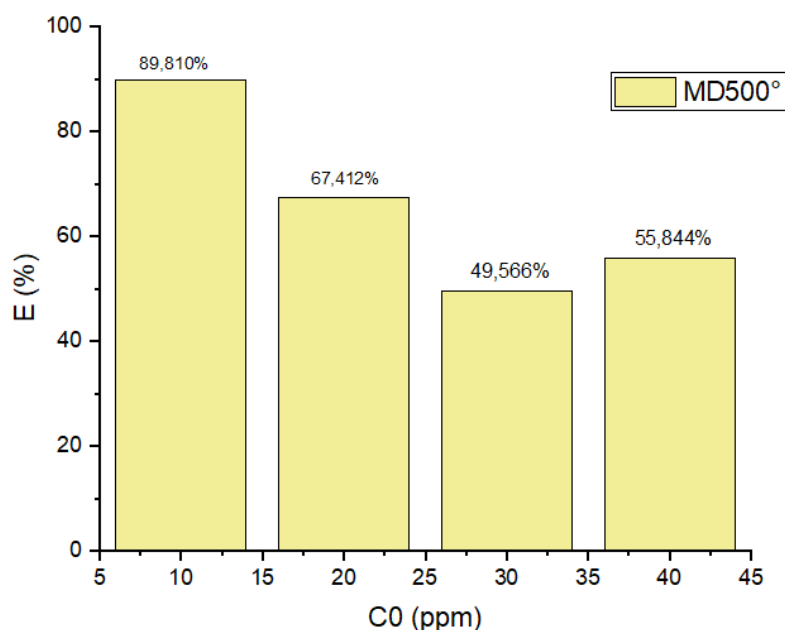
	400°م			
C ₀ (ppm)	10	20	30	40
A	0.1093	0.7520	2.7520	3.4262
C _{BM} (ppm)	0.5750	3.9564	12.6647	18.025
E(%)	94.2500	80.2180	57.7843	54.9375



الشكل (18.III) أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (400°م)

الجدول (5.III) تركيز الصبغة المتبقي، والمرشح، والممتز، وكفاءة الإزالة عند (500°م)

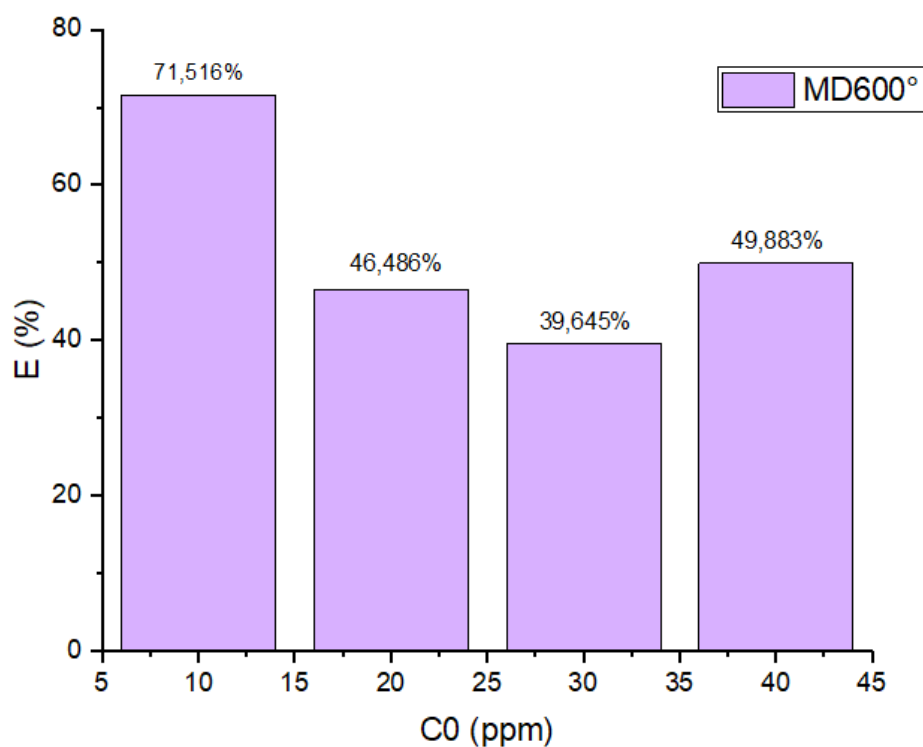
T	500°م			
C ₀ (ppm)	10	20	30	40
A	0.1937	1.2388	2.8758	3.3571
C _{BM} (ppm)	1.0190	6.5175	15.1302	17.6624
E(%)	89.8100	67.4125	49.5660	55.8440



الشكل (19.III) أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (500°م)

الجدول (6.III) تركيز الصبغة المتبقي، والمرشّح، والممتز، وكفاءة الإزالة عند (600°C)

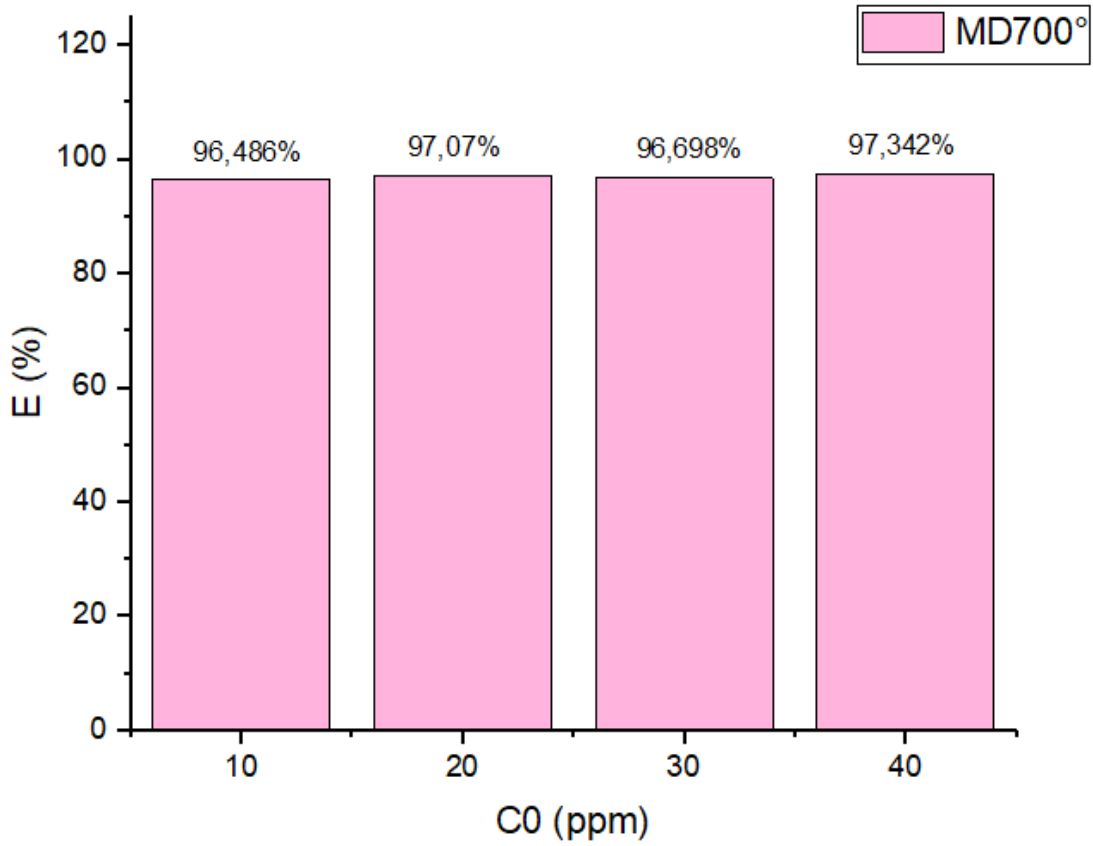
T	600°م			
C₀(ppm)	10	20	30	40
A	0.5414	2.0343	3.4415	3.8097
C_{BM}(ppm)	2.8484	10.7028	18.1064	20.0468
E(%)	71.5160	46.4860	39.6453	49.8830



الشكل (20.iii) أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (600م°)

الجدول (7.iii) تركيز الصبغة المتبقي، والمرشح، والممتز، وكفاءة الإزالة عند (700م°)

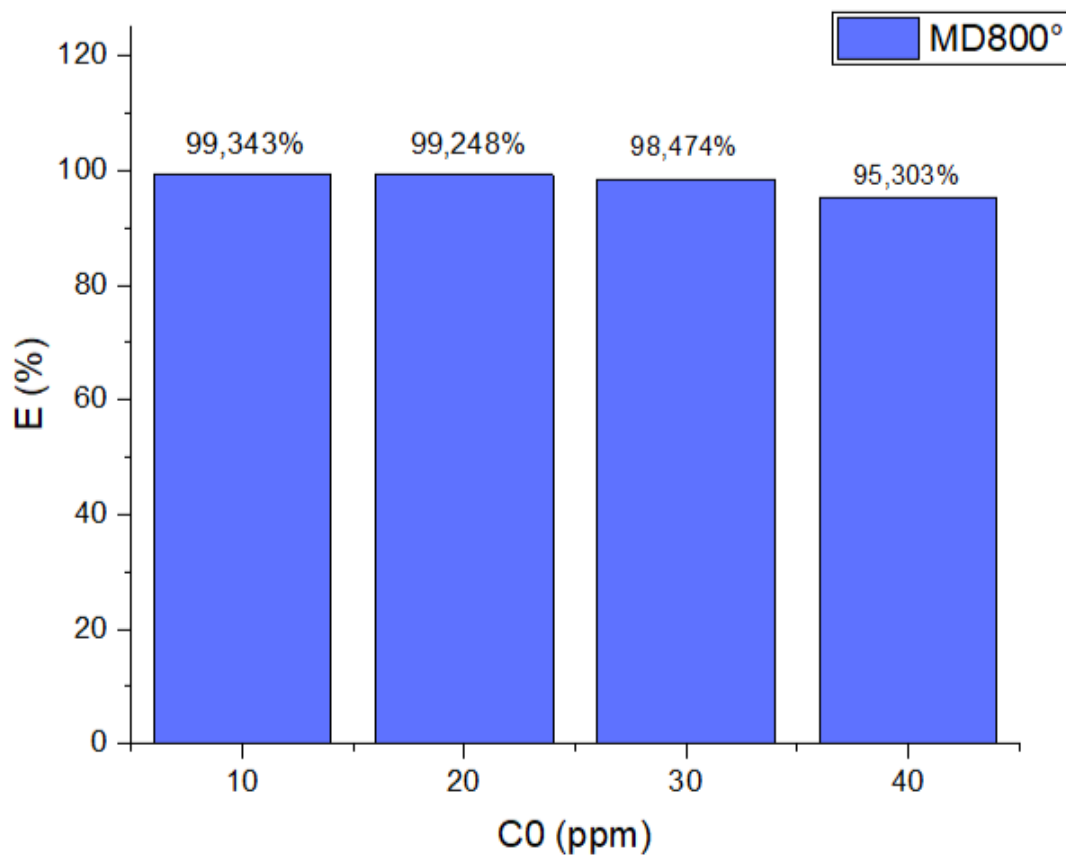
T	700م°			
C₀(ppm)	10	20	30	40
A	0.0668	0.1114	0.8830	0.2021
C_{BM}(ppm)	0.3514	0.5860	0.9906	1.0632
E(%)	96.4860	97.0700	96.698	97.3420



الشكل (21.III) أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (700°م)

الجدول (8.III) تركيز الصبغة المتبقي، والمرشح، والممتز، وكفاءة الإزالة عند (800°م)

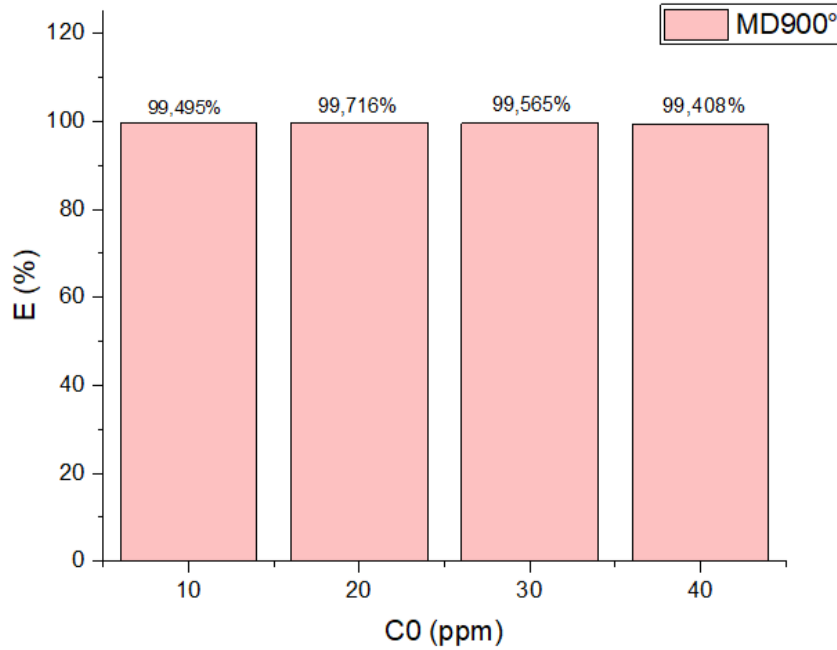
T(°)	800°م				
	C ₀ (ppm)	10	20	30	40
A		0.0125	0.0286	0.0870	0.3571
C _{BM} (ppm)		0.0657	0.1504	0.4577	1.8787
E(%)		99.3430	99.2480	98.4743	95.3032



الشكل (22.III) أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (800م°)

الجدول (9.III) تركيز الصبغة المتبقي، والمرشح، والممتز، وكفاءة الإزالة عند (900م°)

T(°)	900م°			
C ₀ (ppm)	10	20	30	40
A	0.0096	0.0108	0.0248	0.0450
C _{BM} (ppm)	0.0505	0.0568	0.1304	0.2367
E(%)	99.4950	99.716	99.5653	99.4085



الشكل (23.III) أعمدة بيانية تُظهر نسبة الامتزاز كدالة في التركيز ودرجة الحرارة (900°م)

الجدول (10.III): تركيز الصبغة المتبقي، والمُرشح، والممتز، وكفاءة الإزالة عند درجات حرارة الكربنة مختلفة

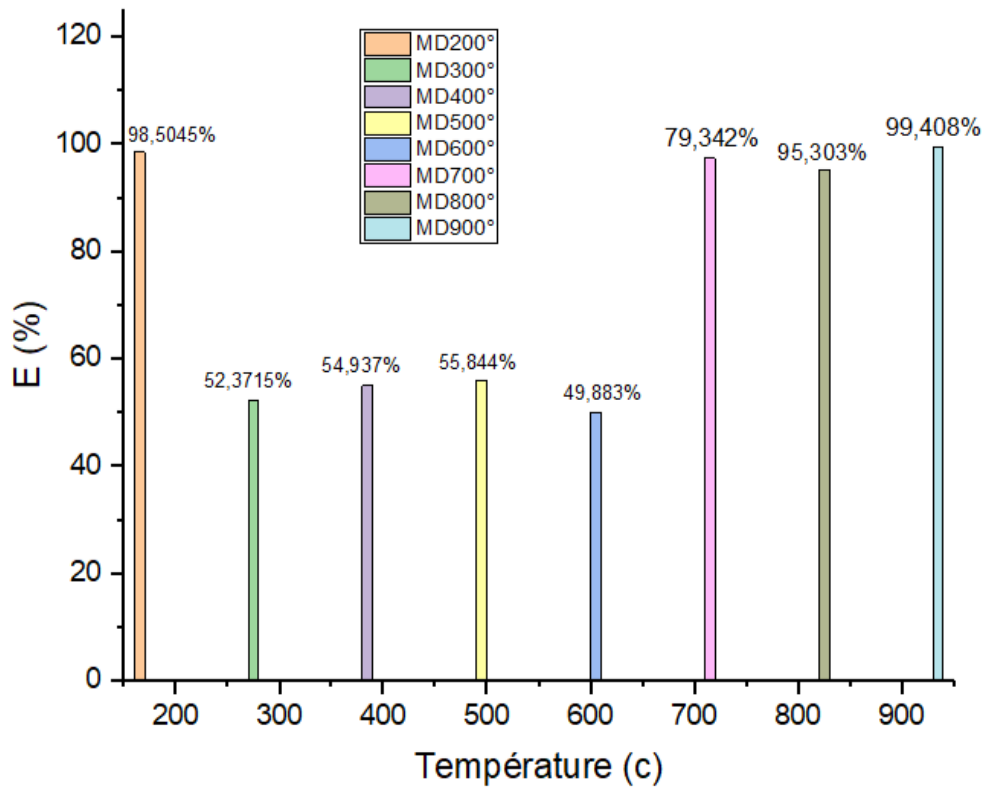
لعينات مختلفة.

T(°)	200°م	300°م	400°م	500°م	600°م	700°م	800°م	900°م
C ₀ (ppm)	40							
A	0.1137	3.6211	3.4262	3.3571	3.8097	0.2021	0.3571	0.0450
C _{BM} (ppm)	0.5982	19.0514	18.025	17.6624	20.0468	1.0632	1.8787	0.2367
E(%)	98.5045	52.3715	54.9375	55.8440	49.8830	97.3420	95.3032	99.4085

من خلال الأشرطة العمودية البيانية الناتجة من التحليل الطيفي للأشعة فوق بنفسجية والمرئية نستخلص ما

يلي:

تظهر النتائج تأثير التراكيز الابتدائية C_0 لأزرق الميثيلين BM عند درجات حرارة مختلفة على كفاءة عملية الامتزاز (الترشيح) $E(\%)$. حيث نجد عند درجات الحرارة المنخفضة (200°M) ودرجات الحرارة العالية (700°M) - (900°M) كفاءة امتزاز مرتفعة ($<95\%$) وتكون غير حساسة بالنسبة لتغيرات التركيز الابتدائي لأزرق الميثيلين ($10-40\text{ppm}$). بينما عند درجات الحرارة المتوسطة (300°M - 600°M) نلاحظ انخفاض ملحوظ لكفاءة الترشيح مع زيادة التركيز الابتدائي C_0 وهذا ما يشير الى تشبع المواقع الموجودة على سطح الكربون المنشط المحضر من أعناق نخيل مش دقلة MD .



الشكل (24.III) أعمدة بيانية تظهر كفاءة الترشيح لأزرق الميثيلين (BM) عند درجات حرارة مختلفة لتركيز (40ppm)

يمثل الشكل البياني (24.III) كفاءة الترشيح لأزرق الميثيلين BM ذات تركيز ثابت (40ppm) عند درجات حرارة مختلفة (200°M - 900°M)

تظهر النتائج كفاءة ترشيح تعتمد بشكل كبير على درجات حرارة المعالجة (عملية الكربنة) حيث نلاحظ عند درجة حرارة 200م° تسجيل فعالية ترشيح عالية جدا 98.5% في المقابل نلاحظ انخفاض في كفاءة الترشيح بالنسبة لمجال درجات الحرارة (م°600-م°300) تراوحت القيم بين 49.88% و55.84%، ثم تسجيل ارتفاع ملحوظ في كفاءة الترشيح عند درجات الحرارة المرتفعة (م°700 و م°800 و م°900) وصلت الى 79.34% و95.3% و99.4%. ومنه نجد أفضل معدل ترشيح عند درجة الحرارة م°900 وأدنى معدل ترشيح عند درجة حرارة م°600. حيث نستنتج أن اختيار درجة حرارة المعالجة تلعب دورا مهما على قدرة إزالة صبغة أزرق المثيلين BM من المحلول.

الخاتمة العامة:

اعتمدت هذه الدراسة على إنتاج الكربون المنشط انطلاقاً من أعناق نخيل "مش دقلة" كمادة خام طبيعية لمعالجة المياه الملوثة، وذلك بهدف توفير بديل منخفض التكلفة وفعال. وقد جرى تحويل هذه المادة من خلال المعالجة الحرارية والتنشيط الكيميائي، باستخدام بروتوكول تجريبي يتميز بالبساطة والدقة، سعياً للحصول على كربون منشط يتمتع بخصائص فيزيائية وكيميائية مماثلة لخصائص الكربون المنشط التجاري.

الكربون المنشط المحضر من مصدر نباتي (أعناق نخيل مش دقلة) يمتاز بمساحة سطحية معتبرة وبتركيب مسامي دقيق على سطحه. كما تم في هذه الدراسة تقييم كفاءة امتزاز الكربون المنشط لصبغة أزرق الميثيلين من محلول مائي، وذلك بهدف تحديد فعاليته في إزالة الملوثات العضوية. وقد تم تحضير الكربون المنشط باتباع سلسلة من الخطوات التجريبية، والتي يمكن تلخيصها كما يلي:

○ عملية الكربنة عند درجات حرارة مختلفة: 200م°، 300م°، 400م°، 500م°، 600م°، 700م°،

800م°، 900م°.

○ التنشيط الكيميائي بواسطة حمض الفوسفوريك.

○ التحليل بواسطة تقنية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية وتقنية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR)،

لفهم عملية الامتزاز بشكل دقيق ودراسة الخصائص السطحية والبنوية للمادة.

○ بلغ معدل الامتزاز عند التركيز 10ppm بنسبة 99.49%.

○ من خلال نتائج هذه الدراسة نستخلص أن الكربون المنشط المصنع يظهر خصائص جيدة وفعالة في معالجة

المياه لكن تبقى هناك حاجة لمزيد من الدراسة من أجل تحسينه. مما يفتح أفاقاً مهماً لإمكانية استغلال مخلفات النخيل في تطبيقات مستقبلية في مجالات البيئة وخاصة في معالجة المياه الملوثة.

قائمة المراجع:

- [1] E. Fernandez Ibanez, Etude de la carbonisation et l'activation de précurseurs végétaux durs et mous, thèse doctorat en Science, Université de Granada, 2002
- [2] M. Gueye, Développement de charbon actif à partir de biomasse lignocellulosiques pour des applications dans le traitement de l'eau, thèse doctorat en science, 2015
- [3] OUIKENE S, CHEMEUR N. Etude comparative entre un adsorbant utilisé à la station de traitement des eaux de Taksebt et des adsorbants préparés à base de grignon d'olive, Mémoire magister, UNIVERSITE MOULOUDE MAMMARI ,TIZI OUZOU,(2015)
- [4] خليفة إ. المساهمة في معالجة تلوث المياه من صبغة أزرق الميثيلين بامتزازه باستعمال مخلفات النخيل (قواعد السعف) [مذكرة ماستر]. ورقلة: جامعة قاصدي مرباح؛ 2020.
- [5] Gholassa, K, & Mezghiche, F.Z. (2019). Valorisation des noyaux de dattes dans le domaine de purification des eaux
- [6] Damien, A. (2004). Guide du traitement des déchets. Paris: Dunod
- [7] Marsh , H., & Rodriguez-Reinsonso, F. (2006). Activated carbon Elsevier Science & Technology Books. Amsterdam 89-100.
- [8] le conseil européen des fédérations de l'industrie chimique, test method for Activated Carbon, 1997.
- [9] محمد حجي علي البدراني 2013، تحضير الكربون النشط من مصادر نباتية مختلفة باستخدام المعالجة الكيميائية ، مجلة التربية والتعليم المجلد 62 العدد 2 ص 42.
- [10] على حمادي ، خالد عويد ، 0222 ، تحضير الكربون النشط من نشارة الخشب باستخدام أشعة المايكرويف ، مجلة التربية والتعليم، المجلد 26 - العدد 2 ص 21
- [11] Deridder D.J.,(2012), "Adsorption of organic micro pollutants onto activated carbon and zeolites", pp.7-14
- (12) غيلاني نور الهدى – شعوبي رانيا – التامن خولة، دراسة إحصائية حول تثمين المخلفات الزراعية واستعمالها في إزالة المعادن الثقيلة، 2022,2021

- (13) الطائي ساخ. تحضير أنواع جديدة من الكربون المنشط واختبار كفاءتها من خلال امتزاز بعض الأصباغ عليها، دراسة ثيرمودايناميكية وحركية [أطروحة دكتوراه]. الموصل: جامعة الموصل؛ 2017.
- (14) غاري أثار و كولين بارنس": السطوح"، سلسلة أكسفورد لمبادئ الكيمياء ، 1997 ، ص49
- [15] <https://www.nitsri.ac.in/Department/Chemical%20Engineering/BRTL11.pdf>, 19avril,2022 ,02:08.
- [16] Gottipati R.,(2012),”Preparation and Characterization of Microporous Activated Carbon from Biomass and its Application in the Removal of Chromium(VI) from Aqueous Phase”, Ph.D Thesis, Dept. Che. Eng. National Institute of Technology Rourkela.
- [17] Yahiaoui Nouara, intitulé (étude de l’adsorption des composés phénoliques des margines d’olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif.), thèse de magister en chimie de l’Environnement, Université mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 2012
- عمر موسى رمضان، قيدير سالم جرجيس، رغيد يوسف غزال، تحضير الكربون المنشط من مخلفات أشجار الكوكس باستخدام الكربنة المحورة والتنشيط الحراري الكيماوي، قسم الكيمياء / كلية التربية، جامعة الموصل، 2005، ص.
- [18]
- [19] J. A. Menéndez-Díaza and I. Martín-Gullónb , a Instituto Nacional de Carbón , CSIC, PO box 73, 33080 Oviedo, Spain. B Chemical Eng. Dept Universidad de Alicante, PO box 99, 03080 Alicante, Spain Published in Activated carbon surfaces in environmental remediation (Interface science and technology series, 7) T. Bandosz Ed. ELSEVIER, 2006 ,p02.
- [20] Yahiaoui Nouara, intitulé (étude de l’adsorption des composés phénoliques des margines d’olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif.), thèse de magister en chimie de l’Environnement, Université mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, 2012.
- [21] Balci .S., Phd Dissertation , METU , Ankara 1992 [14]: SAMAN.M, PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF ACTIVATED CARBON FRO COTTON STALKS AND THEIR APPLICATION ON ADSORPTION OF SOME DYESAND PHENOLS FROM AQUEOUS SOLUTIONS, These de doctorate, University ofJordan. 2009

[22] Shahbeig H.,Bagheri N.,Ghorbanian S.A.,Hallajisani A.,and Poorkarimi S.”Anew adsorption isotherm model of aqueous solutions on granular activated carbon”,World Journal of Modelling and Simulation,Vol.9,No.4,pp.243-254, (2013)

[23] Byrne C, Nagle D.C., Carbonized wood monoliths-characterization, Carbon,1997, volume 35, p.267–273

[24] Carmen manole creanga ; proede AD OX delimitation de polluants organiques non biodégradables ; docteur de l’institut national polytechnique de Toulouse .

[25] Douadi Mohammed et Medakene Abderrahmane, intitulé (Etude de l'adsorption d'une eau polluée par des hydrocarbures sur charbon actif.), mémoire de master ,Université kasdi merbah, Ouargla, 2017.

[26] Inagaki M.,(2000),”New carbon control of structure and functions”, Elsevier,pp.126 146.

[27] يحيوي.ن دراسة امتزاز المركبات الفينولية من حواف الزيتون وما فوق هيدروكسيباتيت كربونات الكالسيوم والكربون المنشط, شهادة ماستر, جامعة مولود المعمرى , تيزي وزو, 02

[28] Gottipati R.,(2012),”Preparation and Characterization of Microporous Activated

Carbon from Biomass and its Application in the Removal of Chromium(VI) from Aqueous Phase”, Ph.D Thesis, Dept. Che. Eng. National Institute of Technology Rourkela.

[29] Pradhan S.,(2011),”Production and characterization of Activated carbon produced from suitable Industrial Sludge”,Che.Eng.National Institute of Technology Rourkela,pp.9-16

[30] Suzuki M.,(1994),”Active Carbon Fiber:Fundamentals and Application” , Carbon 32, pp.577-586.

[31] N. J. Krou. Etude expérimentale et modélisation d’un procédé séquentiel ADOX d’élimination de polluants organiques; thèse de doctorat ; Université de Toulouse ; (2010).

- [32] Salleh Z.N.B.M., (2010),”To Produce the Activated Carbon From Matured Palm Kernel Shell ”, Faculty of Chemical&Natural Resources Engineering Malaysia Pahang. pp.8-14.
- [33] ATHEBA, GrahPatrick ,« Traitement Des Eaux Par Action Combinée De La Photocatalyse Solaire Et De L'adsorption Sur Charbon Actif : Conception Et Réalisation Du Procédé» ,Thèse De Doctorat, Université Paul Verlaine, Metz, (2009).
- [34] WILLEKE K. GRINSHPUN S.A. ULEVICUIS V. TERZIEVA S. DONNELLYJ. STEWART S. JUOZAITIS A, « Microbial stress, bounce and re-aerosolization in bioaerosol samplers, Journal of Aerosol Sciences 26(1) ». S883-S884, (1995).
- [35] STOECKLI H.F ,«Microporous carbons and their characterization: the present state of the art, Carbon 28(1)».1 -6,(1990).
- [36] Guan B.T.H.,Latif P.A.,Yap T.Y.H,(2013),”Physical Preparation of Activated Carbon from Sugarcane Bagasse and Corn Husk and Its Physical and Chemical Characteristics”, Int.J.Engg.Res.and Sci&Tech. Vol.2,No.3,pp.1 -14.
- [37] Bamba, D., Dongui, B., Trokourey, A., Zoro, G. E., Athéba, G. P., Robert, D., & Wéber, J. V. (2009). Etudes comparées des méthodes de préparation du charbon actif, suivies d'un test de dépollution d'une eau contaminée au diuron. J. soc. Ouest-Afr. Chim, 28, 41-52
- [38] (Byamba-Ochir et al. 2016; Pallarés et al. 2018; Yahya et al. 2015)
- [39] كمرشو، وعباس .استعمال كربون نشط محضر من متقات نخيل التمر (نواة التمر دقلة نور) في معالجة المياه المستعملة الحضرية .دراسة مقارنة (مذكرة دكتوراه،جامعة قاصدي مزاب ورقلة)
- [40] Stéphane Baup, Elimination de pesticides sur lit de charbon actif en grain présence de matière organique naturelle, Docteur de l'université de Poitiers, L'Université de Poitiers, 2000
- [41] ياسين .ق.,(1991°), "انتاج اللكربون المنشط من مصادر نباتية", رسالة ماجيستي ,جامعة الموصل
- [42] GHALMI NOURIA ET SIFER AICHA : « Essai d'adsorption de phénol et de cuivre sur charbon actif valorisé à base de Grignons d'olive », Thèse de

fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur en Génie de l'environnement, Département Génie de l'environnement, Université de Boumerdes 2006.

[43] Martin R.J., Wj N., (1987), "The repeated exhaustion and chemical regeneration of activated carbon", Water Research, 21(8):961 -965.

[44] Lim JL., Okada M., (2005), "Regeneration of granular activated carbon using Ultrasound", Ultrasonic-sono-Chemistry, 12(4):277-285.

[45] (Rachidi ,1994 ; Arias ,2002) des molécules (gaz, ions métalliques, molécules organiques, etc.)

[46] Desjardins., 1990; El Azzouzi., 1999; Arias ET coll., 2002

[47] M. ABBAS, Valorisation du noyau d'abricot dans la dépollution des eaux ,Université de M'sila, 2013

[48] Des jardins R. Le traitement des eaux 2 ème édition revue (1990)

[49] Arias M., Barral M. T., Mejuto J. C., J. Chemosphere (2002)

[50] TERCENIO 'thibault. Etude de l'adsorption des COVs dans les MOFs par une approche complémentaire théorie-expérence .2013. 77hese de doctorat. Montpellier , Ecole nationale supérieure de chimie

عمر موسى رمضان واخرون، تحضير الكربون النشط من مخلفات أشجار الكوكس ((Cocus spp باستخدام الكربنة المحورة والتنشيط الحراري الكيماوي، جامعة الموصل، المجلة القطرية للكيمياء، المجلد الثامن عشر، 2005

[51]

[52] N.Gherbi (2008), 'Etude expérimentale et identification du processus de rétention des cations métalliques par des matériaux naturels', Mémoire de doctorat, Université de Constantine.

[53] O .K .Nagim ,(Kinetic and thermodynamic study for adsorption of some organic compounds on modified Iraqi clay), M.Sc., Thesis, , Badghdad University,2016.

قدوري زيدان واخرون ,إزالة التلوث بالبنزالديهايد من المياه الصناعية باستخدام بعض المواد الطبيعية ,الجامعة العراقية, 2017

[54]

- [55] YAKOUBI Kahina , SAMI Lidya, « Valorisation des eaux usées épurées de la STEP de boukhalfa en agriculture : impact sur le rendement de quatre espèces céréalières. Approche Expérimentale ». Mémoire de Master.(2015).
- [56] ERRAIS E. «Réactivité de surface d'argiles naturelles - étude de l'adsorption de colorants anioniques», Mémoire de doctorat, Université de Strasbourg, (2011).
- [57] Bekkouche, M. (2014). Synthèse, Caractérisation d'hydroxydes lamellaires type Cu-M (M= Al, Fe) et application dans le traitement de l'eau. Mémoire de magister, université des Sciences et de la technologie-Mohamed.
- [58] Abdal kareem M.A Dawagreh, Environmental Pollution, Al-balqa Applied University ,Research Gate, 11December 2017, p36.
- [59] اسراء محمد التوفيق, دراسة قابلية و حركية الامتزاز بعض الصبغات العضوية على سطح الصخور السليسية العراقية,ماجستيركيميااء دفعة 2019
- [60] TERCENIO, Thibault. Etude de l'adsorption des COVs dans les MOFs par une approche complémentaire théorie-expérience. 2013. Thèse de doctorat. Montpellier, Ecole nationale supérieure de chimie
- [61] مجلة بيتتنا -الهيئة العامة للبيئة- العدد94،ص17
- [62] ب العطرة، ط. الزهرة، "تحضير و تشخيص مادة مازة انطلاقا من مخلفات النخيل (السعف)وتطبيقها في إزالة تلوث الماء بصبغة ازرق الميثيلين "مذكرة ماستر أكاديمي، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الشهيد حمة لخضر، الوادي، 2019.
- [63] ب.العطرة،ط.الزهرة،تحضير وتشخيص مادة مازة من مخلفات النخيل(السعف)وتطبيقها في إزالة تلوث المياه بصبغة ازرق الميثيلين.
- [64] إبراهيم العابد, معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محمية , أطروحة دكتوراة, جامعة قاصدي مرباح ورقلة, كلية عموم المادة والرياضيات, قسم الكيمياء, 2015
- [65] ر.العبادي, و. باقما, الممارسات الزراعية وخطر تلوث المياه الجوفية بالنترات في المحيط الفلاحي مراقن, مذكرة ماستر, جامعة احمد دراية ادرار, كمية العلوم والتكنولوجيا2019-2020
- [66] LU Jinyan, Février 2005, ETUDE COMPARATIVE SUR LESCHARBONS ACTIFS , ECOLE NATIONALE DU GENIE RURAL DES EAUX ET DES FORETS .

- [67] Pradhan S.,(2011),”Production and characterization of Activated carbon produced from asuitable Industrial Sludge”,Che.Eng.National Institute of Technology Rourkela,pp.9-16
- [68] N. Chaouch, "Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le traitement physico Chimique des eaux polluées," Thèse Doctorat, Faculté des sciences, Université Hadj Lakhdar Batna, 2014.
- [69] H, Saad. Développement de bio-composites à base de fibres végétales et de collesécologiques. Thèse de doctorat. Université de Pau et des Pays de l’Adour, 2013
- [70] A, Zaid. P, F, De Wet. "Chapter I botanical and systematic description of date palm." FAO plant production and protection papers (1999): 1-28
- [71] F, H, Ahmed Ali. Palmier dattier: arbre de la vie entre le passé, le présent et le futurPartie 1. Ed, Dare el arabia, Kairo, Egypt, 2005.
- [72] Farah MOKEDDEM, Caractérisation morphologique et biochimique de quelque Cultivars du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) dans la région de Foughala, Mémoire magister, Wilaya du Biskra, 2019/2020.
- [73] Shabani, F., L. Kumar, and S. Taylor, Climate change impacts on thefuture distribution of date palms: amodelingexerciseusing CLIMEX. PloS One, 2012. 7(10).
- [74] S. Fadlaoui, «Application de la technique de modélisation de l’architecture du palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) pour la caractérisation des cultivars,» Université Mohamed khider Biskra, Biskra, 2017.
- [75] M. Walid Azier. Etude comparative de trois pieds mâles de palmier dattier (Phoenix dactylifera L.) et l’impact de leurs pollens sur quelques caractéristiques physico- chimiques des dattes, dans la région d’El Maleh (Biskra). mémoire d’ingénieur d’état en Agronomie à l’université de Biskra, 2007.

[76] م. قواميد. (2015). "المساهمة في دراسة تشخيص وتثمين مخلفات نخيل الغرس"(أطروحة دكتوراه،كلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح ،ورقلة).

- [77] Baameur I, Maarouf A. Contribution à la production des panneaux d'isolation à partir des sous-produits du palmier dattier. Mémoire de Master. Ouargla, Université Kasdi Merbah Ouargla
- [78] Munier.1973.le palmier dattier et maison neuve et la rose paris.25p.
- [80] F H. Ahmed Ali. Palmier dattier : arbre de la vie entre le passé, le présent et le futur. Partie 2, 2005, Ed,Dare el arabia, Kairo, Egypt 14517/ ISBN977-258-196-5.
- [81] A. Kenza, Développement et caractérisation de matériaux à base du bois de palmierdattier adaptés aux applications de développement durable en Algérie, thèse présentée en vue de l'obtention Du diplôme de Doctorat en sciences , Génie Mécanique, 2018.
- [82] Rojas, O.J., Cellulose chemistry and properties: fibers, Nano celluloses and advancedmaterials. Vol. 271. 2016: Springer.
- [83] (Imbert, A., Vers une voie de valorisation du hêtre : synthèse de monomères furaniquesbiosourcés et furfurylation, 2017.
- [84] Stokke, D.D., Q. Wu, and G. Han, Introduction to wood and naturalfibercomposites2013: John Wiley& Sons.
- [85] Midani, M., N. Saba, and O.Y. Alothman, Date Palm Fiber Composites.
- [86] Meniai, A. H., & Nadjet, B. (2017). Détermination des paramètres d'interactions des espèces présentes lors de la purification de l'acide phosphorique.
- [87] N.Bouanimba ,Modélisation et optimisation de la cinétique de dégradation photo catalytiquede polluants organique en solution,Diplôme de Magister, Université Mentouri ConstantineAlgérie,2009.
- [88] IARC Waring Group on the Evaluation of Carcinogène Risks to Humans, « Evaluations Globales de la Cancérogénicité pour l'Homme, Groupe 2B : Peut-être cancérogènes pour l'homme », sur monographs.iarc.fr, CIRC, 16 janvier 2009 (consulté le 22 août 2009).

- [89] « Proceedings Rencontres Scientifiques sur l'Environnement Sciences et Techniques Proceedings ». RSE-2016, Volume 1, 109-115, (2016)
- [90] Aarfane A, Salhi A, El Krati M, Tahiri S, Monkade B, Lhadi E, Bensitel M. Kinetic and thermodynamic study of the adsorption of Red195 and Methylene blue dyes on fly ash and bottom ash in aqueous medium. *J Mater Environ Sci*. 2014;5(6):1927–39.
- [91] Atallah H. Production et caractérisation du charbon actif à partir des déchets végétaux Mémoire de Master. Biskra. Université Mohamed Khider. 2024.
- [92] Imene Derrouiche, L'ÉCOLE NATIONALE D'INGÉNIEURS DE MONASTIR UNIVERSITÉ DE MONASTIR ' THÈSE', 2021.
- [93] Bakhouch M. Techniques spectroscopiques d'analyse : Spectroscopies IR, UV-Vis et spectrométrie de Masse [Matériel de cours]. El Jadida: Université Chouaïb Doukkali, Faculté des Sciences, Département de chimie; 2022.
- [94] Gholassa, K, & Mezghiche, F.Z. (2019). Valorisation des noyaux de dattes dans le domaine de purification des eaux.
- [95] Basaleh, A. A., & Al-Malack, M. H. (2018). Utilization of municipal organic solid waste for production of activated carbon in Saudi Arabia. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43, 3585-3599
- [96] El Aboudi, I., Annab, H., Mdarhri, A., Amjoud, M., & Servant, L. (2017). Activated carbon synthesis using Moroccan dates stones as precursor and application for wastewater treatment. *J Mater Environ Sci*, 8(4), 1483-1481.

الملخص:

يهدف هذا العمل على إمكانية تثمين المخلفات الزراعية لنخيل التمر، تحديداً أعناق نخيل مش دقلة، من خلال تحويلها إلى كربون منشط عالي المسامية عبر عملية كربنة حرارية يليها تنشيط كيميائي باستخدام حمض الفوسفوريك. يتم توصيف المادة الكربونية الناتجة باستخدام تقنيات طيفية متقدمة كالأشعة فوق البنفسجية والمرئية والأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه لتحديد خصائصها السطحية والبصرية. تُختبر كفاءة هذا الكربون المنشط في إزالة صبغة أزرق الميثيلين من المحاليل المائية، حيث وصل معدل الامتزاز إلى 99.49% عند تركيز 10ppm، مما يمثل استراتيجية مستدامة لمعالجة المياه الملوثة وتحويل النفايات إلى مواد ذات قيمة تطبيقية.

الكلمات المفتاحية: الكربون المنشط، الامتزاز، أعناق النخيل، أزرق الميثيلين، المسامية

Résumé :

Ce travail vise à évaluer la possibilité de valoriser les déchets agricoles du palmier dattier, spécifiquement les rachis de la variété Mech Degla en les transformant en charbon actif hautement poreux par un processus de carbonisation thermique suivi d'une activation chimique à l'aide d'acide phosphorique. Le matériau carboné résultant est caractérisé à l'aide de techniques spectroscopiques avancées telles que la spectroscopie UV-Vis et infrarouge à transformée de Fourier (FTIR) afin de déterminer ses propriétés de surface et optiques. L'efficacité de ce charbon actif est testée dans l'élimination du colorant bleu de méthylène des solutions aqueuses, d'adsorption a atteint 99,49 % à une concentration de 10 ppm. ce qui représente une stratégie durable pour le traitement des eaux contaminées et la conversion des déchets en matériaux à valeur ajoutée.

Mots-clés : Charbon actif, Adsorption, Rachis de palmier, Bleu de méthylène, Porosité.

Abstract:

This work aims at the potential valorization of date palm agricultural residues, specifically the petioles of Mesh Dagla palm, by converting them into highly porous activated carbon through a thermal carbonization process followed by chemical activation using phosphoric acid. The resulting carbon material is characterized using advanced UV-visible and Fourier transform infrared spectroscopic techniques to determine its surface and optical properties. The efficiency of this activated carbon is tested for the removal of methylene blue dye from aqueous solutions, The adsorption rate reached 99.49% at a concentration of 10 ppm. representing a sustainable strategy for treating contaminated water and converting waste into materials of applied value.

Keywords: Activated carbon, adsorption, palm petioles, methylene blue, porosity



Département des Sciences de la matière
Filière: Physique

قسم: علوم المادة
شعبة: الفيزياء

تصري - ح شرف - ي

خاص بالالتزام بقواعد النزاهة العلمية لإنجاز بحث

(ملحق القرار 1082 المؤرخ في 27/12/2021)



أنا الممضي أسفله،

السيدة(ة): ليو عزيز أديعة
تخصص: فيزياء الجاذبية الكونية
الحامل(ة) لبطاقة التعريف الوطنية رقم: 211105454 الصادرة بتاريخ: 2024/11/24
المسجل بكلية: العلوم الدقيقة قسم: علوم الجاذبية
والمكلف بإنجاز أعمال بحث: مذكرة
عنوانها: تجزئة الجسيمات الكونية في الوسط الكوني
الكهرومغناطيسية من أجل (تحويل كوانتي) هيليوم

أصرح بشرفي أنني ألتزم بمراعاة المعايير العلمية والمنهجية ومعايير الأخلاقيات المهنية والنزاهة الأكاديمية المطلوبة في إنجاز البحث المذكور أعلاه وفق ما ينص عليه القرار رقم 1082 المؤرخ في 27/12/2021 المحدد للقواعد المتعلقة بالوقاية من السرقة العلمية ومكافحتها.

التاريخ: 2025/05/25

إمضاء المعني بالأمر