

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي-

كلية التكنولوجيا

مذكرة تخرج لنيل شهادة

ماستر أكاديمي

مجال: العلوم والتكنولوجيا

شعبة: هندسة الطرائق

تخصص: هندسة كيميائية

إعداد الطالبات:

عامر شيماء

بدر الدين مروة

عثماني سعاد

الموضوع



تحضير فحم منشط إنطلاقا من سعف النخيل وتطبيقه في إزالة صبغة

أزرق الميثيلين من محلول مائي.

نوقشت بتاريخ: 2020/09/30

لجنة المناقشة:

رئيسا	- جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي	أستاذ مساعد أ	أ. سروطي عبد الغني
مناقشا	- جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي	أستاذة محاضرة ب	أ. همامي هادية
مشرفا	- جامعة الشهيد حمه لخضر - الوادي	أستاذ مساعد أ	أ. زغود العيد

2019/2020

## المخلص

### ملخص

تضمنت الدراسة الحالية تحضير وتشخيص فحم منشط من سعف النخيل، اشارت تقنيات التشخيص المختلفة مثل التحليل الطيفي بالاشعة تحت الحمراء (FT-IR) والمجهر الالكتروني الماسح (SEM)، إلى أن الفحم المنشط المحضر يحتوي على العديد من المجموعات الوظيفية السطحية، ووجود مسامات على السطح.

بالإضافة إلى دراسة قدرة امتزاز الفحم المحضر على صبغة أزرق الميثيلين من محلول مائي، كانت المساحة السطحية النوعية ( $202 \text{ m}^2/\text{g}$ )، مما يمنح القدرة العالية والجيدة للفحم المنشط على الامتزاز، وكانت نتائج إيزوتارم الامتزاز مطابقة لنموذج لانجمير مع كمية إمتزاز عظمى ( $113.76 \text{ mg/g}$ ).

**الكلمات المفتاحية:** السعف، تلوث المياه، فحم منشط، امتزاز، أزرق الميثيلين.

### Abstract

Present work included the preparation and diagnosis of activated charcoal from palm leaves. Various diagnostic techniques such as infrared spectroscopy (FT-IR) and scanning electron microscopy (SEM) have indicated that the prepared activated carbon contains many surface functional groups and the presence of pores on the surface.

In addition to study of adsorption ability of the prepared carbon to methylene blue dye from aqueous solution, the specific surface area was ( $202 \text{ m}^2/\text{g}$ ), which gives the high and good adsorption ability of the activated carbon on adsorption, results of the adsorption isotherm were identical to the Langmuir model with maximum amount of adsorption ( $113.76 \text{ mg/g}$ ).

**Keywords:** fronds, water pollution, activated carbon, adsorption, methylene blue.



## إهداء

إلى الينبوع الذي لا يمل العطاء إلى من حاكت سعادتني بخيوط منسوجة من قلبها إلى

والدتي العزيزة.

إلى من سعى وشقى لأنعم بالراحة والهناء الذي لم يبخل بشيء من أجل دفعي في طريق

النجاح الذي علمني أن ارتقي سلم الحياة بحكمة وصبر إلى

والدي العزيز.

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلهج بذكراهم فؤادي إلى

أخي العزيز وأخواتي الغاليات.

إلى من سرنا سوياً ونحن نشق الطريق معاً نحو النجاح والإبداع إلى من تكاتفنا يداً بيد

ونحن نقطف زهرة تعلمنا إلى

أصدقائي وزميلاتي.

إلى من صاغوا لي من علمهم حروفاً ومن فكرهم منارة تنير لنا مسيرة العلم والنجاح إلى

أساتذتي الكرام.

إلى كل من زرع فيا روح الحب والأمل والصبر.

عمر شيماء





## إهداء

أهدي ثمرة جهدي إلى من جرع الكأس فارغا ليسقيني قطرة حب إلى من كلت أنامله ليقدّم لنا لحظة سعادة

إلى من حصد الأشواك عن دربي ليمهد لي طريق العلم إلى القلب الكبير

والذي العزيز.

إلى من أرضعتني الحب والحنان إلى رمز الحب وبلسم الشفاء إلى القلب الناصع بالبياض

والدتي الحبيبة.

إلى القلوب الطاهرة الرقيقة والنفوس البريئة إلى رياحين حياتي إخوتي وأخواتي.

إلى من أكن له فائق الحب والتقدير ... خطيبي.

إلى من تقاسمت معهم حلو ومر الحياة طوال الأربع سنوات ورسما في عقلي أجمل وأحلى اللحظات

صديقاتي... سعاد، شيماء، عبير، كريمة، شهيرة.

إلى من علموني حروفا من ذهب وكلمات من درر

أساتذتي الكرام.

إلى كل من لم تسعهم مذكرتي ولكنهم سيبقون دائما في ذاكرتي.

إلى كل هؤلاء أهدى هذا العمل المتواضع راجية من الله تعالى أن يجد القبول والنجاح.

بدر الدين مروة





## إهداء

اهدي ثمرة جهدي واجتهادي إلى أعظم مخلوقة في هذا الوجود، إلى التي وهبتني الحياة وكانت سر وجودي وفرحي إلى النفس التي صنعت طموحي واليوم ترى لحظة كبري ونجاحي إلى أمي الغالية دزيرية قرح.

إلى من احمل اسمه بفخر وافتقده منذ الصغر ويرتعش قلبي لذكره  
أبي رحمه الله.

إلى من تقاسمت معهم أحلى لحظات العمر إلى سندي وعزوتي في الحياة أخوتي  
منجي، ياسمين، منال وابتسام.

إلى من تكاتفنا يدا بيد لانجاز هذا العمل صديقاتي رفيفات دربي  
مروة بدر الدين، شيماء عامر.

إلى أخوالي وخالاتي وأصدقائي الذي لم يذكرهم قلبي ولم ينسأهم قلبي.  
إلى من صاغوا لي من حروفهم ومن فكرهم منارة تنير لنا مسيرة العلم والنجاح  
أساتذتي الكرام.

اهدي هذا العمل راجية من المولى عز وجل أن يجد القبول والنجاح.

عثماني سعاد





## شكر وعرافان

” كن عالماً.. فإن لم تستطع فكن متعلماً، فإن لم تستطع فأحب العلماء، فإن لم تستطع فلا تبغضهم“

الحمد والشكر لله الذي منحنا القوة والصبر الجميل لتحمل صعاب ومشقة إنجاز هذا العمل ووفقنا

لإتمامه.

لا يسعنا إلا أن نخص بأسمى عبارات الشكر والتقدير الأستاذ المشرف أ. زغود العيد، لما قدمه لنا من

جهد ونصح ومعرفة طيلة انجاز هذه المذكرة.

وكما نتقدم بآيات الشكر والإمتنان إلى الذين حملوا أقدس رسالة في الحياة، إلى الذين مهدوا لنا طريق

العلم والمعرفة منذ بداية مشوارنا الدراسي إلى يومنا هذا ... أساتذتنا الأفاضل.

كما نتوجه بجزيل الشكر والتقدير إلى لجنة المناقشة على تفضلها بقراءة وقبولها لمذكرتنا، وإبداء

ملاحظاتهم وآرائهم التي لا نشك أنها متممة لكل نقص.

والشكر موصول كذلك إلى كل عمال مخبر كلية العلوم والتكنولوجيا، نخص بالذكر مسؤولة المخبر

أ. قروي رجاء، التي لم تبخل علينا بنصائحها وإرشاداتها.

ونشكر كل من تلقينا منهم مساعدة خلال مشوارنا هذا، نخص بالذكر أعوان أمن كلية العلوم والتكنولوجيا،

من بينهم الإنسان المخلص الصادق ... منصور الحبيب.

ومن هنا يكتمل شكرنا لكل من ساندنا لإتمام مذكرتنا بأحسن صورة مضمونا وشكلاً.

جزى الله الجميع خير الجزاء وجعلهم فخراً لأمتهم.



## جدول المحتويات

x	قائمة الجداول
xi	قائمة الصور
xii	قائمة الأشكال البيانية
xiii	قائمة الرموز والاختصارات
1	مقدمة عامة

### الفصل: I بحث توثيقي (Etude bibliographique)

4	1.I تلوث المياه (Pollution de l'eau)
4	1.1.I تعريفه (Définition)
4	2.1.I أنواع تلوث المياه (Types de pollution de l'eau)
4	1.2.1.I التلوث الفيزيائي (La pollution physique)
4	2.2.1.I التلوث الكيميائي (La pollution chimique)
5	3.2.1.I التلوث البيولوجي (La pollution biologique)
5	4.2.1.I التلوث الحراري (La pollution thermique)
5	3.1.I ملوثات المياه (Types de polluants)
5	1.3.1.I الملوثات العضوية (Polluants organiques)
5	2.3.1.I الملوثات المعدنية (Polluants inorganiques)
6	4.1.I مصادر تلوث المياه (Sources de pollution)
6	1.4.1.I المصدر الحضري (Source urbaine)
6	2.4.1.I المصدر الصناعي (Source industrielle)
7	3.4.1.I المصدر الميكروبيولوجي (Source microbiologique)
7	4.4.1.I المصدر الزراعي (Source agricole)
7	5.4.1.I المصدر الطبيعي (Source naturelle)
7	5.1.I معايير تلوث المياه (Les paramètres de pollution des eaux)
8	1.5.1.I الحرارة (Température)
8	2.5.1.I الطلب على الأكسجين الكيميائي (La demande chimique en oxygène)
8	3.5.1.I الناقلية (La conductivité)
8	4.5.1.I اللون والرائحة (La couleur et l'odeur)

9	5.5.1.I المواد الصلبة المعلقة (Les matières en suspension)
9	6.5.1.I المعادن الثقيلة (Les métaux lourds)
9	7.5.1.I درجة الحموضة (pH)
9	8.5.1.I الأكسجين المذاب (Oxygène dissous)
10	9.5.1.I الطلب على الأكسجين الحيوي (La demande biochimique en oxygène)
10	6.1.I عواقب تلوث المياه (Conséquences de la pollution de l'eau)
10	1.6.1.I العواقب الصحية (Conséquences sanitaires)
10	2.6.1.I العواقب الزراعية (Conséquences agricole)
10	3.6.1.I العواقب البيئية (Conséquences écologiques)
11	4.6.1.I العواقب الصناعية (Conséquences industrielle)
<b>11</b>	<b>2.I شجرة النخيل (Le palmier datte)</b>
11	1.2.I التوزيع الجغرافي للنخيل في الجزائر (Algérie La répartition géographique des palmiers en)
12	2.2.I وصف نخيل التمر (Description du palmier dattier)
13	3.2.I الوصف المورفولوجي لنخيل التمر (Description morphologique du palmier dattier)
13	1.3.2.I المجموعة الخضرية
15	2.3.2.I المجموعة الجذرية (Groupe racine)
16	4.2.I مكونات مخلفات النخيل (Composants de résidus de palmier)
16	1.4.2.I السيليلوز (Cellulose)
16	2.4.2.I الهيميسيليلوز (Hemicelluloses)
17	3.4.2.I اللجنين (La lignine)
17	5.2.I استعمالات مخلفات النخيل (Utilisations des déchets de palmer)
<b>18</b>	<b>3.I الامتزاز (Adsorption)</b>
18	1.3.I تعريف الامتزاز (Définition l'adsorption)
18	2.3.I أنواع الامتزاز (Types d'adsorption)
18	1.2.3.I الامتزاز الفيزيائي (Adsorption physique)
19	2.2.3.I الامتزاز الكيميائي (Adsorption chimique)
19	3.3.I وصف آلية الامتزاز (Mécanisme de l'adsorption)
20	4.3.I المواد المازة (Les adsorbants)
20	5.3.I العوامل المؤثرة على الامتزاز (Facteurs affectant l'adsorption)
20	1.5.3.I عوامل خاصة بالماز (Paramètres liés à l'adsorbant)

20	2.5.3.I عوامل خاصة بالامتزاز (Paramètres liés à l'adsorbat)
	3.5.3.I عوامل مرتبطة بالفيزيوكيميائية المحلول ( Paramètres liés à la physico-chimie de la solution)
21	6.3.I حركية الامتزاز (Cinétique d'adsorption)
21	1.6.3.I نموذج الرتبة الأولى الوهمية (Modèle du pseudo premier ordre)
22	2.6.3.I نموذج الرتبة الثانية الوهمية (Modèle du pseudo deuxième ordre)
23	3.6.3.I نماذج الانتشار الجزيئي (Modèles basés sur la diffusion moléculaire)
25	7.3.I ايزوتارم الامتزاز (Isothermes d'adsorption)
25	1.7.3.I تصنيف ايزوتارم الامتزاز (Classification des isothermes d'adsorption)
26	8.3.I نماذج ايزوتارم الامتزاز (Modèles des isothermes d'adsorption)
27	1.8.3.I نموذج لانجمير (Modèle de Langmuir)
27	2.8.3.I نموذج فروندليش (Modèle de Freundlich)
28	3.8.3.I نموذج تمكين (Modèle de Temkin)
29	4.8.3.I نموذج برونوير، إيميت وتيلر (Modèle de Brunauer, Emmett et Teller)
29	9.3.I ترموديناميك الامتزاز (thermodynamique de l'adsorption)
30	10.3.I تطبيقات الامتزاز (Applications d'adsorption)
30	1.10.3.I تطبيقات في الطور السائل (Application en phase liquide)
31	2.10.3.I تطبيقات في الطور الغازي (Application en phase gazeuse)
<b>31</b>	<b>4.I الكربون المنشط (Charbon Actif)</b>
31	1.4.I تعريف الكربون المنشط (Définition d'un charbon actif)
31	2.4.I بنية الكربون المنشط (Structure du charbon actif)
32	3.4.I نسيج الكربون المنشط (Texture du charbon actif)
32	1.3.4.I السطح النوعي (La surface spécifique)
32	2.3.4.I المسامية (Le porosité)
33	4.4.I أنواع الكربون المنشط (Les différentes formes du charbon actif)
	5.4.I الخواص الكيميائية والفيزيائية للكربون المنشط ( Les Propriétés physico-chimiques du charbon )
34	(actif)
34	1.5.4.I الخواص الفيزيائية (Les Propriétés physiques)
34	2.5.4.I الخواص الكيميائية (Les Propriétés chimiques)
35	6.4.I تحضير الكربون المنشط (Préparation du charbon actif)

35	1.6.4.I الكربنة أو الانحلال الحراري (Carbonisation)
35	2.6.4.I التنشيط (Activation)
36	7.4.I تجديد الكربون المنشط (Régénération du charbon actif)
36	1.7.4.I التجديد الحراري (Régénération thermique)
36	2.7.4.I التجديد الكيميائي (Régénération chimique)
37	3.7.4.I التجديد البيولوجي (Régénération biologique)
37	4.7.4.I التجديد الكهروكيميائي (Régénération électrochimique)
37	8.4.I تطبيقات الكربون المنشط (Applications de charbon actif)
38	9.4.I استعمال المخلفات الزراعية في تحضير الكربون المنشط

## الفصل II : تحضير الفحم المنشط من وريقات سعف النخيل ( Préparation du charbon actif à partir des feuilles de palmier )

40	1.II تمهيد
40	2.II تحضير الفحم المنشط (Préparation du charbon actif)
40	1.2.II تحضير المادة الخام (Préparation de la matière première)
41	2.2.II كربنة المادة الخام (Carbonatation de la matière première)
41	3.2.II التنشيط الكيميائي (Activation chimique)
42	3.II تشخيص الفحم المنشط (Diagnostic du charbon actif)
42	1.3.II فقدان الكتلة الحيوية (Perte de biomasse)
42	2.3.II المجموعات الوظيفية السطحية
44	3.3.II البنية السطحية (Structure surfacique)
45	4.3.II المساحة النوعية السطحية (Surface qualitative de la surface)

## الفصل III : تطبيق الفحم المنشط في امتزاز صبغة أزرق الميثيلين من محلول مائي

### Application de charbon actif dans l'adsorption de colorant bleu de ( méthylène à partir d'une solution aqueuse )

50	1.III تمهيد
50	2.III تحضير المحلول المائي للصبغة (Préparation de la solution aqueuse du colorant)

---

50 .....	(L'étude de l'adsorption) دراسة الإمتزاز 3.III
52 .....	(Etude de l'effet du temps de contact) دراسة تأثير زمن التلامس 1.3.III
53 .....	(Etude de l'effet de la mise au point initiale) دراسة تأثير التركيز الأولي 2.3.III
54 .....	(Etude de la cinétique d'adsorption) دراسة حركية الامتزاز 3.3.III
56 .....	(Etude de l'isotherme d'adsorption) دراسة ايزوتارم الإمتزاز 4.3.III
61 .....	خاتمة
xvii .....	المراجع
xxiii .....	الملاحق
xxvii .....	الملخص

## قائمة الجداول

- الجدول 1.I : تصنيف و خواص مسامات الكربون المنشط. .... 33
- الجدول 1.II : نتائج نموذج BET والمساحة النوعية السطحية للفحم المنشط. .... 48
- الجدول 1.III : نتائج الدراسة الحركية لامتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط. .... 56
- الجدول 2.III : نتائج دراسة ايزوتارم إمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط. .... 59

## قائمة الصور

- الصورة 1.ii : صورة توضح السعف (a) ووريقات السعف مطحونة (b) ..... 40
- الصورة 2.ii : صورة توضح الفحم المنشط المحضر من وريقات السعف. .... 41
- الصورة 3.ii : صورة (SEM) للفحم المنشط المحضر من وريقات السعف. .... 45

## قائمة الأشكال البيانية

- الشكل 1.I : التوزيع الجغرافي للنخيل في الجزائر. .... 12
- الشكل 2.I : السعف و أجزاءها. .... 14
- الشكل 3.I : رسم تخطيطي لشجرة نخلة التمر. .... 15
- الشكل 4.I : البنية البلورية لسيليلوز. .... 16
- الشكل 5.I : بعض الوحدات البنائية للهميسيلوز. .... 17
- الشكل 6.I : الوحدات البنائية للجنين. .... 17
- الشكل 7.I : مجالات وجود المادة الممتزة أثناء الامتزاز على المادة المازة. .... 19
- الشكل 8.I : الأنواع الأربعة الرئيسية من ايزوتارم الامتزاز (بعد جيلز وآخرون، 1974). .... 26
- الشكل 9.I : بنية الكربون المنشط. .... 32
- الشكل 10.I : البنية المسامية للكربون المنشط. .... 33
- الشكل 1.I.II : طيف الأشعة تحت الحمراء (IR) لوريقات السعف الخام (a) والفحم المنشط (b). .... 44
- الشكل 2.II : ازوتارم امتزاز ( $N_2$ ) على الفحم المنشط المحضر من وريقات السعف. .... 46
- الشكل 3.II : منحنى نموذج BET لإمتزاز ( $N_2$ ) على الفحم المنشط. .... 47
- الشكل 1.III : الصيغة الكيميائية لصبغة أزرق الميثيلين (MB). .... 50
- الشكل 2.III : المنحنى العياري لصبغة أزرق الميثيلين (MB). .... 51
- الشكل 3.III : تأثير زمن التلامس لإمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط ( $C_0 = 100 \text{ mg/l}$ ,  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH} =$ ) (6.45). .... 52
- الشكل 4.III : ايزوتارم إمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط ( $C_0 = 20-500 \text{ mg/l}$ ,  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH} = 6.45$ ). .... 53
- الشكل 5.III : منحنى نموذج الرتبة الأولى بالنسبة لإمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط. .... 55
- الشكل 6.III : منحنى نموذج الرتبة الثانية بالنسبة لإمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط. .... 55
- الشكل 7.III : منحنى نموذج لانجمير بالنسبة لإمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط. .... 58
- الشكل 8.III : منحنى نموذج فرنديش بالنسبة لإمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط. .... 58
- الشكل 9.III : منحنى نموذج تيمكن بالنسبة لإمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط. .... 59

## قائمة الرموز والاختصارات

## الرموز

$(L/g)$	ثابت تمكين	$A_{Tm}$
	المساحة التي يشغلها جزيء الغاز	$A_m$
$(J/mol)$	ثابت تمكين المرتبط بحرارة الامتزاز	$B_{Tm}$
$(mg/L)$	التركيز الابتدائي للمادة الممتزة في المحلول	$C_0$
$(mg/L)$	تركيز المادة الممتزة في المحلول أثناء الإتزان	$C_e$
	ثابت مرتبط بالخصائص الديناميكية الحرارية للنظام صلب-غاز	$C$
	الدرجة المئوية	$^{\circ}C$
$(cm^2/s)$	معامل الانتشار داخل الجسيمات	$D$
	كسر جزئي عند التوازن	$F$
	ثابت الرتبة الاولى الوهمية	$k_1$
	ثابت توزيع الامتزاز	$K_C$
	ثابت السرعة	$k_{fd}$
$(mg/g.min^{1/2})$	ثابت الاتزان داخل الجسيمات	$k_{int}$
	ثابت تقارب الامتزاز لسطح الممتزات	$k$
	نسبة فقدان الكتلة الحيوية	$Loss$
$(g)$	وزن المادة المازة	$M$
	الكمية الممتزة عند التشبع	$N$

	عدد أفوغادرو	N
	ضغط البخار المشبع	$P_0$
	ضغط التوازن	P
	درجة الحموضة	pH
	كمية الممتزات الثابتة لكل وحدة من سطح الامتزاز	$Q_{ads}$
(mg/g).	كمية المادة الممتزة	$q_e$
	كمية المادة الممتزة عند التوازن	$q_{eq}$
	كمية المادة الممتزة عند اللحظة t	$q_t$
(cm <sup>3</sup> /g).	الكمية الممتزة اللازمة لتشبع طبقة أحادية	$Q_m$
(mg/g).	السعة العظمى للامتزاز	$q_m$
(cm).	قطر حبيبات الممتزات بالسنتيمتر	$r_0$
(8.314 J/mol.K).	ثابت الغازات المثالية	R
	معامل الارتباط	$R^2$
(m <sup>2</sup> /g).	المساحة النوعية السطحية	$S_{BET}$
	المجهر الإلكتروني الماسح	SEM
(K).	درجة الحرارة	T
(s).	زمن الامتزاز	t
(s).	وقت نصف التفاعل (تفاعل الامتزاز عند التوازن)	$t_{1/2}$
(min).	الزمن الابتدائي بالدقيقة	$t_0$
	حجم الممتزات المطلوبة لتكوين طبقة أحادية كاملة	$V_m$

V	الحجم الكلي لمحلول المادة الممتزة	(L).
V	حجم الغاز الممتز عند الضغط P	
$W_f$	وزن العينة النهائي (بعد التنشيط)	
$W_i$	وزن العينة الأولي (قبل الكربنة)	
$\Delta G^\circ$	الاختلاف في الطاقة الحرة	
$\Delta H^\circ$	الاختلاف في الانتالبي	
$\Delta S^\circ$	الاختلاف في الانتروبي	
$\alpha$	معدل الامتزاز الأولي	(mg/g.min).
$\beta$	ثابت مرتبط بالسطح الخارجي وطاقة التنشيط للامتزاز الكيميائي	(g/mg).

### الاختصارات

IR	تقنية التحليل بالأشعة تحت الحمراء
UV-Visible	تقنية التحليل بالأشعة فوق البنفسجية
BET	نموذج برونوير، إيميت وتيلر
FINAD	دلالة فرنسية تعبر عن خمس ملوثات
HPLC	الكروماتوغرافيا السائلة عالية الضغط
IUPAC	الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة و التطبيقية

مقدمة عامة

## مقدمة عامة

الماء اهم عناصر الحياة على سطح الكرة الارضية، فهو المركب الاساسي في كل خلية حية وبدونه لا يمكن الحياة فقد استخدم في مجالات عديدة في حياتنا اليومية [1].

يعد تلوث المياه من اهم المشاكل الكبيرة التي تواجه الانسان والبيئة وخاصة بعد التطور التكنولوجي المرافق للحياة المعاصرة، ويحدث هذا التلوث نتيجة المواد الكيميائية الصناعية، الهيدروكربونات، الفينول وخاصة الاصباغ، وهو مصدر للتدهور البيئي، وهذا بدوره اشغل العديد من الباحثين ومؤسسات حماية البيئة للبحث عن حلول لمشكلة التلوث [1].

لذلك يعد الإمتزاز من أهم هذه التقنيات لكفاءته العالية في هذا المجال وبساطة التكنولوجيا المستخدمة لهذا الغرض مقارنة مع طرق أخرى، فضلا عن كلفته الاقتصادية الأقل، في هذه التقنية غالبا ما يستخدم الكربون المنشط كمادة مازة لإزالة أنواع مختلفة من الملوثات بسبب قدرته العالية على الامتزاز ولكن بسبب كلفته العالية ومشاكل إعادة استعماله وصعوبة فصله عن المياه العادمة كان لابد من إيجاد مواد بديلة وصديقة للبيئة، وقد اتجه العديد من الباحثين حديثاً إلى تطوير مواد مازة جديدة بالاستعانة ببعض المواد ذات المنشأ الطبيعي [2].

لكون منطقتنا تزخر بأعداد هائلة من النخيل، وتخلف سنويا كميات معتبرة من المواد اللجنوسيليلوزية (مخلفات النخيل) وهي عبارة عن: سعف، كرناف، عراجين، جذوع وليف، فحرقها مضرّ بالبيئة، وتكدسها بالمزارع يشغل الأماكن المخصصة للزراعة، كما أنها تعد نفايات صلبة، تبعا لما سبق قمنا بتثمين أحد هذه المخلفات (سعف النخيل) وتحويلها إلى الكربون المنشط.

نسعى من خلال هذه الدراسة إلى تثمين مخلفات النخيل (السعف) كمادة مازة لإزالة صبغة ازرق الميثيلين من محلول مائي.

تحقيقاً لهذه الغاية، سنتطرق في هذه الدراسة إلى ثلاثة فصول:

الفصل الأول: بحث توثيقي حول تلوث المياه، نخيل التمر، الامتزاز، الكربون المنشط.

الفصل الثاني: تحضير وتشخيص الفحم المنشط من وريقات سعف النخيل.

الفصل الثالث: تطبيق الفحم المنشط في امتزاز صبغة أزرق الميثيلين من محلول مائي.

**الفصل I : بحث توثيقي (Etude bibliographique)**

## 1.I تلوث المياه (Pollution de l'eau)

يعتبر التلوث المائي من أهم وأخطر الملوثات البيئية نتيجة الأنشطة السكانية والزراعية والصناعية المتزايدة خاصة في المناطق القريبة من مصادر هذه المياه، مما قلل من خواصها الطبيعية والكيميائية نتيجة ارتفاع تركيز العديد من الملوثات في هذه المياه [2].

### 1.1.I تعريفه (Définition)

جاء تعريف منظمة الصحة العالمية عام (1961) لتلوث المياه على أنه: "هو أي تغير يطرأ على الخصائص الطبيعية والكيميائية والبيولوجية للمياه مما يؤدي إلى تغير في حالتها بطريقة مباشرة أو غير مباشرة، بحيث تصبح المياه أقل صلاحية للاستعمالات الطبيعية المخصصة لها، سواء للشرب أو الاستهلاك المنزلي أو الزراعي أو غيره" [3].

وعرف هوبكنز وشولز (Hopkins et Schulz) عام (1954) الماء الملوث بأنه الماء الذي تنخفض درجة جودته نتيجة لاختلاطه بمخلفات الصرف الصحي أو غيرها من المخلفات فتجعله غير صالح للشرب أو للاستعمال في الأغراض الصناعية [3].

## 2.1.I أنواع تلوث المياه (Types de pollution de l'eau)

### 1.2.1.I التلوث الفيزيائي (La pollution physique)

يعني وجود مادة معلقة أو غروية، التي ينتج عليها ضباب أو تلوين أكثر أو أقل [4].

### 2.2.1.I التلوث الكيميائي (La pollution chimique)

يعني وجود مواد كيميائية معينة في محلول على مستويات يمكن أن تسبب تغييرا في النكهة أو ظهور

طبيعة سامة في الماء [4].

### 3.2.1.I التلوث البيولوجي (La pollution biologique)

يقصد بالتلوث البيولوجي تواجد بعض الكائنات الحية في البيئة مما يؤدي إلى تلوثها ويكون من نتيجتها إصابة الإنسان بالأمراض مثل: بكتيريا، طفيليات، فيروسات... الخ [4].

### 4.2.1.I التلوث الحراري (La pollution thermique)

هو التلوث الناتج عن الارتفاع المفرط في درجة حرارة المياه نتيجة تصريف المياه من دوائر التبريد للمنشآت الصناعية وخاصة محطات الطاقة [4].

### 3.1.I ملوثات المياه (Types de polluants)

يمكن أن تحتوي مياه الصرف على ملوثات كيميائية قد تكون عضوية أو معدنية [5].

#### 1.3.1.I الملوثات العضوية (Polluants organiques)

الملوثات العضوية متعددة وأكثر خطورة وبعض هذه المواد مسرطنة، ومن هنا تأتي أهمية القضاء عليها، يمكن تصنيفها إلى فينولات، هيدروكربونات، أصباغ، منظفات ومبيدات، وتشكل إلى حد بعيد السبب الأول لتلوث الموارد المائية. تأتي هذه المواد العضوية على وجه الخصوص من الفضلات المنزلية (البراز الحيواني والبشري، والدهون، وما إلى ذلك) وأيضًا من النفايات الصناعية [6].

#### 2.3.1.I الملوثات المعدنية (Polluants inorganiques)

تتواجد هذه العناصر في التربة بشكل صلب، وتتمثل في المعادن الثقيلة: الرصاص، الزئبق، النحاس، الزرنيخ، النيكل، الزنك، الكوبالت والمغنيزيوم، وأكثر هذه المواد سمية هي الرصاص، الكادميوم والزرنيخ. كما تستخدم المعادن في العديد من الأنشطة الصناعية مثل: الالكترونيات والعلاجات السطحية والصناعات الكيماوية المسببة ظهورها في البيئة. وبصفة عامة، فإن إنشاء وحدات صناعية يفضل المواقع القريبة من

الأنهار لنقل المواد الخام، وتزويد مياه التبريد إلى المنشآت وكذلك لإمكانات تصريف النفايات الصناعية السائلة. فالماء هو المنفذ الذي سمح في التخلص من هذه النفايات، دون احترام المعايير [6].

#### 4.1.I مصادر تلوث المياه (Sources de pollution)

##### 1.4.1.I المصدر الحضري (Source urbaine)

يتم توليد (3/4) من مياه الصرف الصحي من طرف السكان في المناطق الحضرية. هذه النفايات السائلة هي خليط من مياه تحتوي على مياه الغسيل والتنظيف ومياه المخلفات الصناعية [6].

##### 2.4.1.I المصدر الصناعي (Source industrielle)

تشكل النفايات السائلة التي تم الحصول عليها أثناء الاستخراج، وتحويل المواد الخام إلى منتجات صناعية وتأتي المياه الملوثة بشكل رئيسي من المياه المستهلكة في العديد من عمليات التصنيع الرطبة مثل: الترسيب، الغسيل، تنظيف المعدات، الترشيح، التقطير... إلخ. كما تعتبر المخلفات الصناعية السائلة (صناعات الأغذية الزراعية، مصانع الورق)، المواد الكيميائية (المداغ، مصانع النسيج) أو الفيزيائية (التدفئة بواسطة محطات الطاقة الحرارية، المواد الصلبة العالقة من المناجم أو الحديد والصلب) سببا في تغير شروط ووضوح الأكسجين في الماء، مما قد يؤدي أيضًا إلى تراكم بعض العناصر في السلسلة الغذائية (المعادن والمبيدات الحشرية والإشعاع). يمكن أن يكون التلوث أيضًا بسبب تسرب المنتجات السامة المخزنة بشكل غير صحيح أو التسربات في الخزانات أو الحوادث أثناء نقل المواد الخطرة التي تؤدي إلى ارتفاع تركيزها في الماء والتي يمكن أن تصل بسهولة إلى (1 g/l) [6].

### 3.4.1.I المصدر الميكروبيولوجي (Source microbiologique)

تعتبر الكائنات المجهرية المتواجدة في الماء هي السبب الأساسي في تلوثه حيث التطهير غير الصحيح للأنابيب يعطي مياه ميكروبيولوجية سيئة قد تكون عامل خطر يسبب العديد من الأمراض وخاصة أمراض الجهاز الهضمي [6].

### 4.4.1.I المصدر الزراعي (Source agricole)

يأتي التلوث الزراعي أساساً من الأسمدة والمبيدات الحشرية المنتشرة في التربة على مناطق واسعة جداً بالقرب من المجاري المائية، كما تتسبب فضلات الحيوانات في الملوثات العضوية وغير العضوية التي تتغذى بها في نهاية مطاف الأنهار والمياه الجوفية حيث تشمل هذه الملوثات مشتقات النتروجين ومركبات الفسفور [6].

### 5.4.1.I المصدر الطبيعي (Source naturelle)

يتضمن ظاهرة هطول الأمطار والتلوج المسببة مياه الجريان السطحي، هذه الأخيرة تمر عبر الأراضي الغنية بالمعادن الثقيلة فتنتقل معها الملوثات الموجودة في التربة، كما تنقل هطول الأمطار الملوثات من الجو إلى الأرض [5].

### 5.1.I معايير تلوث المياه (Les paramètres de pollution des eaux)

المياه الملوثة عبارة عن سائل ذو تركيبة غير متجانسة، محملة بمواد معدنية أو عضوية، وبعضها قد يكون ساماً، وتتمثل هذه المعايير فيما يلي [7]:

**1.5.1.I الحرارة (Température)**

تلعب دورًا مهمًا في ذوبان الأملاح وخاصة الغازات (خاصة  $O_2$ ) في الماء وكذلك تحديد درجة الحموضة وسرعة التفاعلات الكيميائية، تعمل درجة الحرارة أيضًا كعامل فيزيولوجي على نمو أيض الكائنات الحية الدقيقة في الماء [7].

**2.5.1.I الطلب على الأكسجين الكيميائي (La demande chimique en oxygène)**

هو مقياس كمية الأكسجين المطلوبة والتي تتوافق مع كمية المواد القابلة للتأكسد بواسطة الأكسجين الموجود في النفايات السائلة وهي تمثل معظم المركبات العضوية (المنظفات والبراز)، ويتم قياسها عن طريق استهلاك الأكسجين بمحلول ثنائي كرومات البوتاسيوم في وسط الكبريت في وجود كبريتات الفضة وكبريتات الزئبق II، تحت ظروف حارة لمدة ساعتين عند  $(150\text{ }^\circ\text{C})$  [8].

**3.5.1.I الناقلية (La conductivité)**

قياس الناقلية يعطي فكرة عن ملوحة الماء، حيث كلما زاد التركيز الأيوني للأملاح الذائبة زادت الناقلية [9].

**4.5.1.I اللون والرائحة (La couleur et l'odeur)**

اللون والرائحة من مؤشرات تلوث المياه، حيث لون مياه الصرف الصحي في المناطق الحضرية يكون رماديا، ولكن بعض النفايات الصناعية (الصبغة، مصانع الورق، وما إلى ذلك) تحتوي على أصباغ ثابتة بشكل خاص، وهناك العديد من الغازات التي تعطي روائح معينة للمياه الناتجة عن التخمر أو التحلل، ومن بينها قد نذكر  $(H_2S, NH_3)$  [9].

### 5.5.1.I المواد الصلبة المعلقة (Les matières en suspension)

يعتبر هذا العامل مادة غير قابلة للذوبان أو الغروية التي يحتفظ بها الترشيح الكمي أو المفصولة بالطرد المركزي، ويتم التعبير عنها ب (mg/l)، كما أنها تعطي الماء مظهرا غائما وطعما سيئا [9].

### 6.5.1.I المعادن الثقيلة (Les métaux lourds)

تتواجد المعادن الثقيلة في مياه الصرف الصحي للمناطق الحضرية على شكل آثار، حيث تراكيزها العالية تشير إلى وجود نفايات صناعية، ووجودها ايضا ضار لنشاط الكائنات الحية الدقيقة، مما يؤدي إلى تعطيل عملية التطهير البيولوجي [9].

### 7.5.1.I درجة الحموضة (pH)

تشكل المياه السطحية نظام فيزيوكيميائي معقد مخزن في مختلف التوازنات بين الأنواع الجزيئية أو المؤينة، بما في ذلك توازن الكربون. يشير الرقم الهيدروجيني إلى تركيز أيونات (H<sup>+</sup>) الموجودة في الماء، حيث تكون درجة الحموضة في المجاري المائية (pH = 7) ويجب أن تتراوح بين (6.5 و 8.5) للسماح للحياة المائية [7, 9].

### 8.5.1.I الأكسجين المذاب (Oxygène dissous)

تركيز الأكسجين المذاب هو عامل يستخدم لقياس جودة المياه، ويرتبط تركيزه بالعوامل الفيزيائية والكيميائية والنشاط البيولوجي، حيث انه يأتي من انتشار الأكسجين على السطح، حركة المياه والتمثيل الضوئي، ومحتواه فالماء نادرا ما يتجاوز (10 mg/l) [9].

### 9.5.1.I الطلب على الأكسجين الحيوي (La demande biochimique en oxygène)

يعرف بكمية الأكسجين اللازمة للكائنات الحية الموجودة في الوسط لضمان أكسدة واستقرار المواد العضوية الموجودة في المياه الملوثة [9].

### 6.1.I عواقب تلوث المياه (Conséquences de la pollution de l'eau)

#### 1.6.1.I العواقب الصحية (Conséquences sanitaires)

يؤثر تلوث المياه على الكائنات الحية وعلى البيئة بطرق مختلفة، وأول التأثيرات والنتائج السلبية لتلوث المياه تكمن في عدم إيجاد مصادر للمياه العذبة وشرب المياه الملوثة، وقد تؤثر على الإنسان من دون شربها بطريقة مباشرة، إذ أن تناول النباتات المروية بالمياه الملوثة أو الأسماك والكائنات البحرية التي تعيش في المياه الملوثة تؤدي إلى تعرض الإنسان للتسمم نتيجة وجود مواد سامة كالزئبق، وأيضا تعرضه لمختلف الأمراض الناتجة من تلوث المياه [10].

#### 2.6.1.I العواقب الزراعية (Conséquences agricole)

تستخدم المياه بشكل واسع في عملية الري بشكلها الخام (غير المعالج)، فغالبا ما تحتوي هذه المياه على مواد سامة ومعادن ثقيلة تكون مصدر لتلوث التربة حيث أن التربة والنباتات والمحاصيل الزراعية تتعلق بجودة المياه [10].

#### 3.6.1.I العواقب البيئية (Conséquences écologiques)

يؤدي تلوث الماء إلى تسمم الكائنات الحية التي تعيش في البحر كالأسماك، الطحالب، الأعشاب البحرية وغيرها، وبالتالي موتها والتقليل من أعدادها بشكل كبير، مما نتج عنه تدهور للنظام البيئي [10].

### 4.6.1.I العواقب الصناعية (Conséquences industrielle)

تعتبر الصناعة المستهلك الكبير للمياه فهي تأخذ على سبيل المثال ( $10^6 \text{ m}^3$ ) من المياه لإنتاج 1 kg من الألمنيوم حيث تكون جودة المياه المطلوبة في الصناعات عالية جدا سواء كيميائيا (للحد من التمدن والتآكل)، وبيولوجيا كمشكلة الوقود الحيوي (أي تلوث الأنابيب بواسطة الكائنات الحية)، وبالتالي يمكن إيقاف أو تأخير التنمية الصناعية عن طريق التلوث [10].

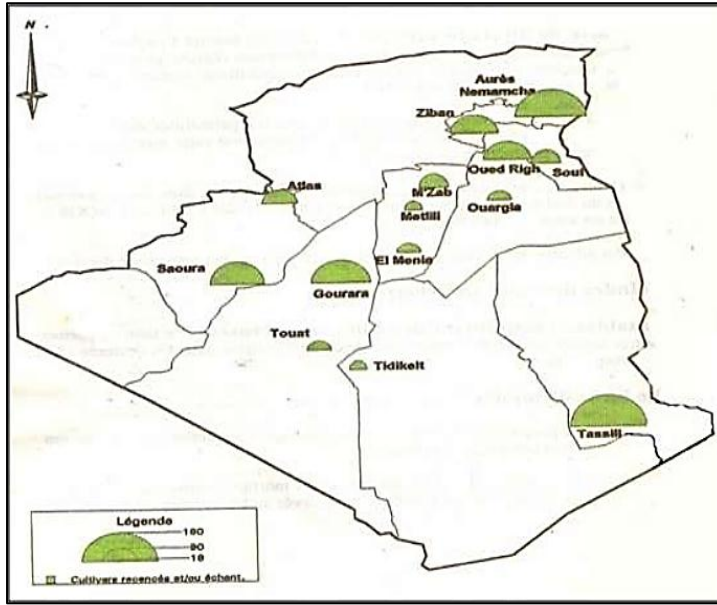
### 2.I شجرة النخيل (Le palmier datte)

إن النخلة شجرة مباركة انعم الله سبحانه وتعالى بها ارض العرب، وهي شجرة تمتاز بتاريخها الطويل بحيث تعود إلى ما قبل التاريخ أي قبل ظهور الكتابة، وهناك اثنا عشرة نوعا من النخيل، وجل هذه الأنواع تنتج ثمارا تستهلكها الطيور أو الحيوانات الأخرى، إلا نوع (*Phoenix dactylifera. L*) التي تزرع وتعطي ثمارا يستهلكها الإنسان والتي تميز الواحات ذات المناطق الجافة [11, 12].

### 1.2.I التوزيع الجغرافي للنخيل في الجزائر (La répartition géographique des palmiers en)

#### (Algérie)

يركز بستان النخيل بشكل أساسي في الجنوب الشرقي، وتقل أهميته في الاتجاه نحو الغرب والجنوب. وفقاً لمسار (1996)، تقع بستان النخيل الجزائري على النحو التالي: في الجنوب الشرقي (الوادي، ورقلة وبسكرة) التي تضم (67 %) من بستان النخيل الجزائري، الجنوب الغربي (أدرار وبشار) مع (21 %) من بستان النخيل، أقصى الجنوب (غرداية، تمنراست، إيزي وتندوف) مع (10 %) وغيرها من المناطق التي تمثل (2 %) من بستان النخيل ولكنها تساهم كثيرا في الإنتاج الوطني مثل ورقلة [13]، كما هو موضح في الشكل 1.I.



الشكل 1.I : التوزيع الجغرافي للنخيل في الجزائر [14].

## 2.2.I وصف نخيل التمر (Description du palmier dattier)

وهي شجرة مستديمة الخضرة، وحيدة الفلقة وحيدة الجنس ثنائية المسكن أي أن الأزهار الذكورية تحمل على شجرة والأنثوية تحمل على شجرة أخرى، مما يستدعي التدخل بعملية التلقيح لضمان الحصول على إنتاج ثمري جيد، وحسب تصنيف عالم النبات السويدي الأصل (Linnaeus) تأخذ نخلة التمر التوصيف التالي:

- المملكة: النباتية (Plant).
- القبيلة: النباتات الوعائية المزهرة (Anthophyta).
- الصف: مغطاة البذور (Angiospermae).
- الشعبة: ذوات الفلقة الواحدة (Monocotylédones).
- الرتبة: النخيليات (Palmalea).
- العائلة: النخيلية (palme).

▪ الجنس: فينكس (Phoenix).

▪ النوع: داكليليفيرا (Dactylifera) [11, 15].

### 3.2.I الوصف المورفولوجي لنخيل التمر (Description morphologique du palmier dattier)

الوصف المورفولوجي مهم لدراسة مكونات النخلة والتعرف بمكونات هذه الشجرة التي تنمو بمناطق

ذات طابع خاص [11]، تتكون شجرة النخيل من الأجزاء الخضرية والجذرية التالية:

#### 1.3.2.I المجموعة الخضرية

##### i. الجذع أو الساق (Trank)

هو عبارة عن ساق طويل قائم غليظ أسطواني الشكل غير متفرع خشن السطح مكسي بما يسمى

الأعقاب أو الكرنافات ينتهي بتاج كثيف. تختلف جذوع النخل باختلاف الأصناف حيث يتراوح من (cm

40 إلى 90)، عادة يكون البرعم في قمة الجذع والذي يعرف بالجمارة وهو المسؤول عن نمو الشجرة طوليا

أما النمو الطولي للنخلة فيتراوح من (30 cm إلى 90) سنويا [16].

##### ii. السعف (Leaves)

مفردها سعفة عبارة عن ورقة مركبة ريشية كبيرة يتفاوت طولها في الشجرة البالغة (2.2-6 m)،

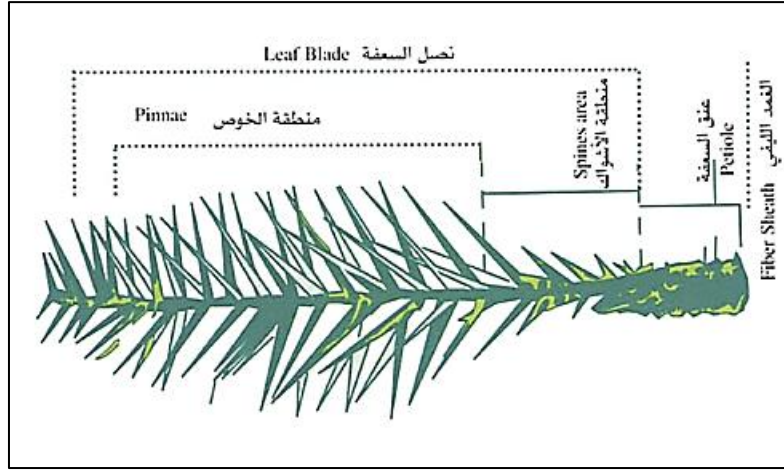
معدل طول السعفة حوالي (4 m)، من الملاحظ إن نمو السعفة في البرعمة الطرفية (قلب النخلة) يكون

على شكل دفعات تتراوح من (3-5) دفعات بالسنة ويتوقف ذلك على الظروف البيئية ومدى نشاط وحيوية

النخلة، تضم كل دفعة عادة (3-5) سعفات حديثة التكوين متقاربة جدا من بعضها البعض وتظهر كأنها

ملتصقة وخصوصها منطبق ومنطوي على بعضه مكون شكلا يشبه رأس الرمح يعرف بالقلبة [17]. كما موضح

في الشكل 2.I.



الشكل 2.I : السعف و أجزائها [17].

تتكون السعفة الواحدة من الأجزاء التالية:

- نصل السعفة Leaf blade ويمثل الجزء العلوي من السعفة يتكون من: منطقة الخوص Pinnae
- Area، منطقة الأشواك Spines Area والعرق الوسطي (الجريدة) Rachis.
- السوق أو عنق السعفة و يتكون من: قاعدة السعفة (الكرنافة) Rachis base و الغمد الليفي Fiber sheath [16].

### iii. العرجون (Date Bunch)

تحمل الأزهار على أعواد رفيعة جزؤها السفلي غير مستقيم بل متعرج والعلوي مستقيم وتسمى هذه الأعواد (الشماريخ) وهذه الشماريخ تحمل على نهاية ساق طويل يسمى العرجون عندما تكون شماريخه في بداية نموها منتصبه ولكن عندما يتقوس الساق بفضل استمرار نمو الثمار وزيادة ثقلها على الشماريخ يعرف عندئذ بالعنق ويحمل العرجون الواحد من 20 إلى 100 شمروخ [18].

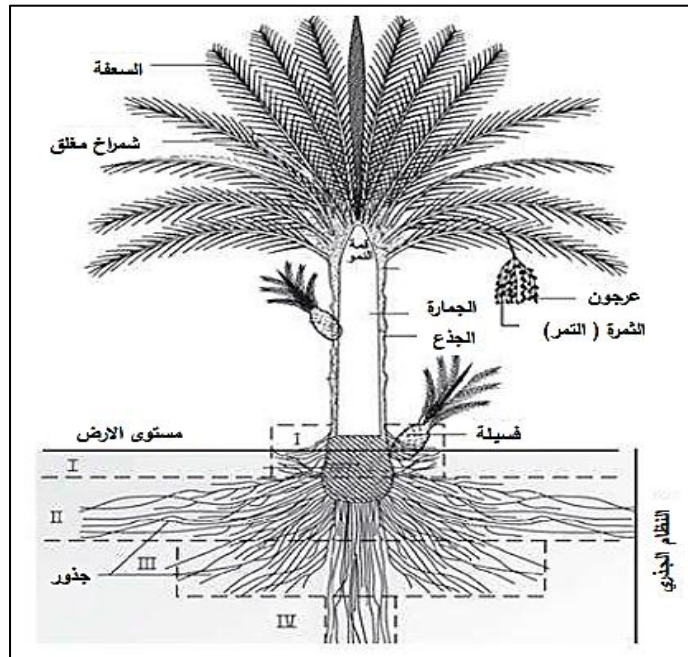
## .iv الثمرة (Fruit)

الثمرة الناضجة في نخلة التمر هي عبارة عن ثمرة لبية أحادية البذور وهي من الثمار البسيطة الطرية غير منتخعة الجدران، يختلف شكلها باختلاف الأصناف. وهي على العموم بيضاوية الشكل يتفاوت طولها من (20-110 mm) ويتراوح قطرها من (8-30 mm) [18].

## 2.3.2.I المجموعة الجذرية (Groupe racine)

من المعروف أن جذور النباتات تنقسم إلى جذور وتدية وجذور عرضية الأولى تنشأ من الجذير وتتميز بمحور رئيسي يعرف بالجذر الابتدائي تنفرع منه جذور جانبية أو ثانوية وجذيرات، أما الثانية وهي الجذور العرضية فتنشأ من قاعدة الساق الجانبية في النخيل البذري الحديث التكوين كما تنشأ من الجذع في النخيل الفتى والبالغ يتصف النظام الجذري للنخيل بالجذر الحزمي إذ لا يتشعب إلا قليلا مكونا الجذير الثانوي البصلة وتكون ضخمة وجزء منها يظهر فوق التربة [18]. كما هو موضح في الشكل

.3.I

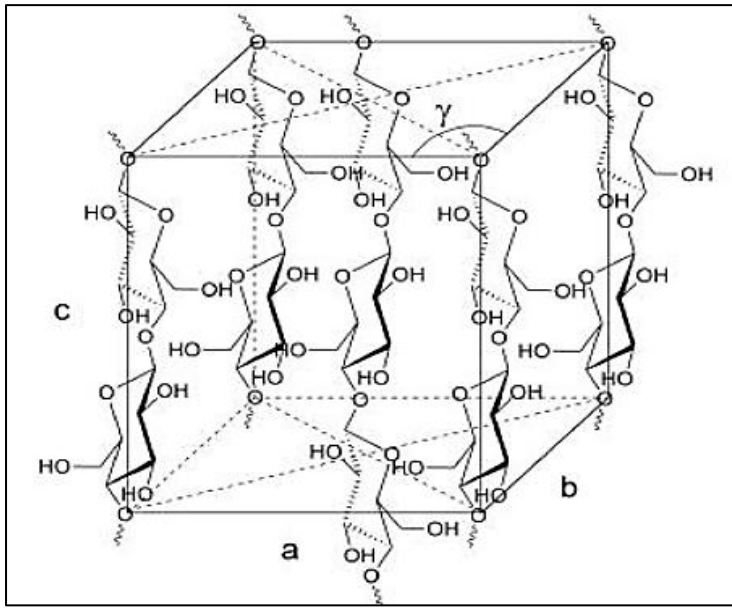


الشكل 3.I : رسم تخطيطي لشجرة نخلة التمر [14].

## 4.2.I مكونات مخلفات النخيل (Composants de résidus de palmier)

### 1.4.2.I السيليلوز (Cellulose)

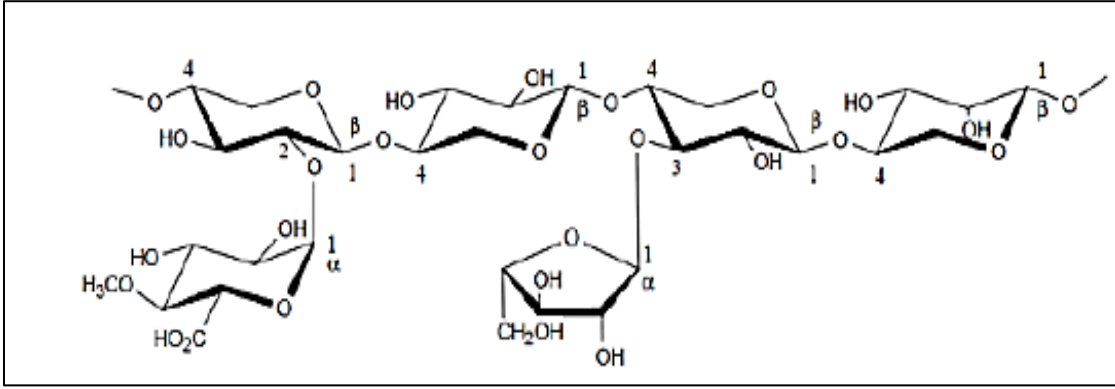
هو إحدى أوجه متعدد السكاكر (Polysaccharides) ومكون أساسي للجدار الخلوي للنبات، كما أنه مركب بنيوي مما يجعله حامي للخلية وتختلف نسبة السيليلوز في النبات حسب طبيعته، وتقدر عموما ما بين (30 – 50 %)، غير أنه يمكن أن تكون أكثر من ذلك كما في القطن [15]. والشكل التالي يوضح ذلك.



الشكل 4.I : البنية البلورية لسيليلوز [15].

### 2.4.2.I الهيميسيليلوز (Hemicelluloses)

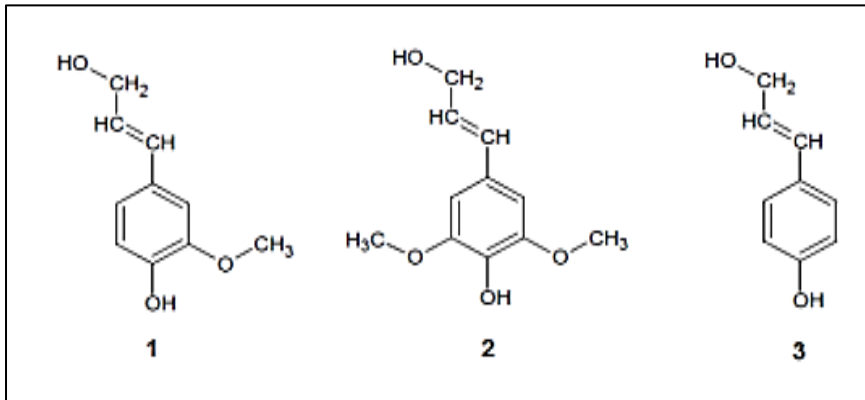
هو عبارة عن بوليسكاريد يشكل من (20 – 40 %) من الكتلة الحية، وهو عبارة عن بوليمر متفرع هيكله مشكل من مونومير سداسي الحلقة أو خماسي الحلقة عند تحليله كيميائيا نجده مقارب للسيليلوز لكن وحدة بناءه السداسية تعد اقل استقرار مقارنة بمثلتها الغليكوز في هذا الأخير، ويتسم الهيميسيليلوز ببنية لا بلورية عموما ونسبيا ذو استقرار ترموديناميكي ضعيف وسهل التحلل وفق تفاعل الحلمهة، كما أن درجة بلمرته اقل من مثلتها في السيليلوز وتتراوح عادة بين (50 إلى 300) [15]. كما هو في الشكل الشكل 5.I



الشكل 5.I : بعض الوحدات البنائية للهيميسيليلوز [15].

### 3.4.2.I اللجنين (La lignine)

هو ثالث المكونات الأساسية للمواد اللجنوسيليلوزية، والتي ليست من الكربوهيدرات وهو ليفي يساعد النبات في الحماية الميكانيكية (متانة الشد)، نجده دوماً في شراكة مع الهيميسيليلوز ليس التحام فيزيائي فحسب بل حتى برابطة تكافئية، يتشكل عموماً من ثلاث وحدات بنائية [15]، وهي موضحة في الشكل 6.I.



الشكل 6.I : الوحدات البنائية للجنين [15].

### 5.2.I استعمالات مخلفات النخيل (Utilisations des déchets de palmer)

للنخلة فوائد كثيرة تتعدى كونها مصدر غذاء للإنسان، حيث تحتوي على منتجات ثانوية وقد أتقن الحرفيون بعض المخرجات والصناعات منها، كما تم استخدام كل جزء منها في شتى جوانب الحياة، حيث استخدمت جميع أجزاء النخلة وتم توظيفها أحسن توظيف. كما يوجد عدة مجالات رئيسية لاستخدام

نواتج تقليم نخيل التمر في الصناعات ومنها صناعة السماد العضوي (الكمبوست)، صناعة الأخشاب، بعض مواد البناء، بعض الصناعات الحرفية اليدوية، أعلاف الأغنام والحيوانات وصناعة أوراق الطباعة [19].

### 3.I الامتزاز (Adsorption)

يعد الامتزاز من التقنيات الفعالة المستخدمة في عمليات التنقية والفصل وقد توسعت عمليات تطبيق الامتزاز بشكل أثار اهتمام الكثير من الباحثين لدوره الفعال في انجاز الكثير من عمليات التنقية حتى انه لا تكاد أي صناعه في يومنا هذا تخلو من عمليات الامتزاز [20].

#### 1.3.I تعريف الامتزاز (Définition l'adsorption)

الامتزاز هو ظاهرة فيزيوكيميائية تحدث عموماً لمواد سائلة أو غازية تكون في احتكاك مع مادة صلبة، حيث تجذب المواد الممتزة من طرف الذرات السطحية للمادة الصلبة (الماز) [21].

#### 2.3.I أنواع الامتزاز (Types d'adsorption)

التفاعلات بين المادة الممتزة والمادة المازة تجعل من الممكن تحديد نوعين من الامتزاز، وهما كالتالي

[3]:

#### 1.2.3.I الامتزاز الفيزيائي (Adsorption physique)

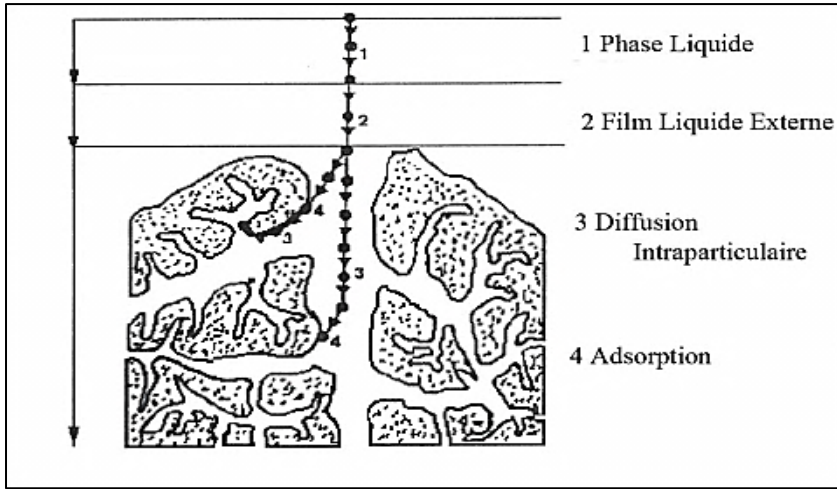
ظاهرة عكسية تنتج عن التجاذب بين الجزيئات الممتزة التي تشكل سطح المادة الصلبة وجزيئات المذاب في المرحلة السائلة، وهذه القوى الجاذبة ذات طبيعة فيزيائية، بما في ذلك ما يسمى قوى (van der Waals)، تتوافق مع الطاقات الضعيفة التي هي في حدود عدد قليل من السعرات الحرارية لكل مول [22].

### 2.2.3.I الامتزاز الكيميائي (Adsorption chimique)

وهو عبارة عن ظاهرة امتزاز تتضمن واحدا أو أكثر من الروابط الكيميائية التساهمية أو الأيونية بين المادة الممتزة والمادة المازة، في هذا النوع ترتبط الجزيئات مباشرة بالمادة الصلبة، ويتميز بحرارة امتزاز مرتفعة نسبيا ما بين (20 kcal/mol إلى 200) [23].

### 3.3.I وصف آلية الامتزاز (Mécanisme de l'adsorption)

الامتزاز هو ظاهرة سطحية تتفاعل فيها جزيئات الممتزات مع سطح المادة المازة، ويمثل الشكل 7.I المواد الممتزة مع المجالات المختلفة التي يمكن العثور عليها على جزيئات عضوية أو غير عضوية من المحتمل أن تتفاعل مع المادة الصلبة [4, 23].



الشكل 7.I : مجالات وجود المادة الممتزة أثناء الامتزاز على المادة المازة [23].

قبل عملية الامتزاز تمر المادة الممتزة عبر أربع مراحل:

1. انتشار المادة الممتزة من المرحلة السائلة الخارجية إلى الموجودة في محيط سطح المادة المازة.
2. انتشار خارجي لحبيبات المادة (انتقال المادة الممتزة من خلال شريط السائل إلى سطح الحبيبات).

3. انتقال داخل الحبيبات للمادة (انتقال المادة في التركيب المسامي للسطح الخارجي للحبيبات نحو المواقع النشطة).

4. تفاعل الامتزاز عند الاتصال بالمواقع النشطة؛ بمجرد الامتصاص يعتبر الجزيء غير متحرك [23].

#### 4.3.I المواد المازة (Les adsorbants)

بشكل عام، تجعل المواد المازة من الممكن فصل مكونات الخليط عن طريق الاحتفاظ بها أكثر أو أقل، عن طريق الروابط التي تختلف شدتها وفقاً لطبيعة الجزيئات الموجودة في الخليط، أي أن جميع المواد الصلبة ممتزات. وفقاً لتصنيف (IUPAC) أكثر الممتزات الصناعية شيوعاً هي: الفحم المنشط، الزيوليت، جال السيليكا، الطين والألمنيوم المنشط [24].

#### 5.3.I العوامل المؤثرة على الامتزاز (Facteurs affectant l'adsorption)

تتأثر ظاهرة الامتزاز بالعوامل التالية:

##### 1.5.3.I عوامل خاصة بالماز (Paramètres liés à l'adsorbant)

تزداد قدرة الامتزاز في اتجاه مباشر مع السطح النوعي للمادة المازة، لأن حركية التفاعل تتأثر بحجم المسامات شكلها وتوزيعها [4].

##### 2.5.3.I عوامل خاصة بالممتز (Paramètres liés à l'adsorbat)

يتم وصف تأثير طبيعة المادة على ظاهرة الامتزاز من خلال القواعد التالية:

- قاعدة لين دليوس (Lune Delius): "كلما كانت المادة قابلة للذوبان في المذيبات، كلما كان امتزازها أفضل".

- المادة الممتزة القطبية تكون أكثر ألفة بالنسبة للمذيب أو للمادة الممتزة الأكثر قطبية.
- بشكل عام، المادة الممتزة غير المترابطة (المحايدة) أفضل من الممتزات المتأينة [4].

### 3.5.3.I عوامل مرتبطة بالفيزيوكيميائية المحلول ( ) Paramètres liés à la physico-chimie de la solution

تتأثر ظاهرة الامتزاز بالعوامل الفيزيوكيميائية أدناه:

#### i. درجة الحرارة (température)

الامتزاز الفيزيائي هو ناشر للحرارة، لذلك فإن معدل الامتزاز أفضل في درجات الحرارة المنخفضة. عندما يكون الامتزاز الكيميائي ماصًا للحرارة، تكون درجة الحرارة المرتفعة مواتية لمسار العملية [4].

#### ii. الرقم الهيدروجيني (pH)

أي اختلاف في pH لصالح انخفاض قابلية ذوبان الامتزاز في مذيب معين، سيؤدي إلى زيادة في معدل الامتزاز [4].

### 6.3.I حركية الامتزاز (Cinétique d'adsorption)

من بين نماذج حركية الامتزاز هناك ثلاثة نماذج تستخدم بشكل عام لمقارنة البيانات التجريبية، وهم

كالتالي [25]:

### 1.6.3.I نموذج الرتبة الأولى الوهمية (Modèle du pseudo premier ordre)

افترض في هذا النموذج أن سرعة الامتزاز في الوقت (t) تتناسب مع الفرق بين الكمية الممتزة عند

التوازن والكمية الممتزة في هذا الوقت وأن الامتزاز قابل للانعكاس، فيكتب قانون السرعة كالتالي [26]:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_{eq} - q_t) \quad I.1$$

حيث:

$k_1$ : ثابت الرتبة الأولى الوهمية.

t : زمن الامتزاز (s).

$q_t$ : كمية المادة الممتزة عند اللحظة t.

$q_{eq}$ : كمية المادة الممتزة عند التوازن.

تكامل المعادلة (I.1) يعطي [26]:

$$\log(q_{eq} - q_t) = \log q_{eq} - \frac{k_1}{2.303} t \quad I.2$$

### 2.6.3.I نموذج الرتبة الثانية الوهمية (Modèle du pseudo deuxième ordre)

يتم تمثيل هذا النموذج بالصيغة التالية [26]:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_{eq} - q_t)^2 \quad I.3$$

تكامل المعادلة (I.3) يعطي [26]:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_{eq}^2} + \frac{1}{q_{eq}^2} t \quad I.4$$

### 3.6.3.I نماذج الانتشار الجزيئي (Modèles basés sur la diffusion moléculaire)

#### i. نموذج الانتشار داخل الجسيمات (Modèle de la diffusion intra-particule)

تم اقتراح هذا النموذج من قبل ويبر وموريس (Weber et Morris) ويمثل هذا النموذج المعادلة التالية [26]:

$$q_t = k_{int} t_{1/2} \quad I.5$$

حيث:

$k_{int}$ : ثابت الاتزان داخل الجسيمات ( $\text{mg/g.min}^{1/2}$ ).

يتم استنتاج معامل الانتشار  $D$  من الصيغة التالية [26]:

$$t_{1/2} = \frac{0.03 r_0^2}{D} \quad I.6$$

حيث:

$t_{1/2}$ : وقت نصف التفاعل (تفاعل الامتزاز عند التوازن) (s).

$r_0$ : قطر حبيبات الممتزات بالسنتيمتر (cm).

$D$ : معامل الانتشار داخل الجسيمات ( $\text{cm}^2/\text{s}$ ).

**ii. نموذج الانتشار في الطور السائل (Modèle de diffusion dans le film liquide)**

تعطى معادلة النموذج بالشكل التالي [26]:

$$\ln(1 - F) = -k_{fd}t \quad I.7$$

حيث:

$F$ : كسر جزئي عند التوازن  $(q_t/q_{eq})$ .

$k_{fd}$ : ثابت السرعة.

يتم الحصول على  $k_{fd}$  برسم  $-\ln(1 - F)$  كدالة لـ  $t$  ، إذا كان المنحنى خطاً مستقيماً، يتم التحكم

في عملية الإمتزاز بالانتشار في الغشاء السائل.

**iii. نموذج إيلوفيش (Modèle d'Elovich)**

يمثل هذا النموذج بالمعادلة التالية [26]:

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha \times \beta) + \frac{1}{\beta} \ln(t + t_0) \quad I.8$$

حيث:

$\alpha$ : معدل الامتزاز الأولي (mg/g.min).

$t_0 = 1/(\alpha \times \beta)$ : الزمن الابتدائي بالدقيقة (min).

$\beta$ : ثابت مرتبط بالسطح الخارجي وطاقة التنشيط للامتزاز الكيميائي (g/mg) [26].

### 7.3.I ايزوتارم الامتزاز (Isothermes d'adsorption)

من الناحية التجريبية، في دراسة تفاعل الامتزاز يكون مرتبط بدرجة حرارة معينة وبكمية المادة المازة وتركيز المادة الممتزة عند التوازن، العلاقة التي تم الحصول عليها تسمى علاقة ايزوتارم الامتزاز يتم التعبير عنها بالعلاقة التالية [27]:

$$q_e = \frac{(c_0 - c_e)V_{sol}}{M} \quad I.9$$

حيث:

$q_e$ : كمية المادة الممتزة (mg/g).

$V$ : الحجم الكلي لمحلول المادة الممتزة (L).

$M$ : وزن المادة المازة (g).

$c_0$ : التركيز الابتدائي للمادة الممتزة في المحلول (mg/L).

$c_e$ : تركيز المادة الممتزة في المحلول أثناء الإلتزان (mg/L) [27].

### 1.7.3.I تصنيف ايزوتارم الامتزاز (Classification des isothermes d'adsorption)

تم تصنيف ايزوتارم الامتزاز بواسطة جيلز (Giles) وآخرون إلى أربع فئات رئيسية:

#### i. ايزوتارم النوع C

يكون على شكل خط مستقيم، يتم الحصول على هذا النوع من المنحنى عندما تكون هناك منافسة

بين المذيب والمذاب لاحتلال مواقع الممتزات.

**.ii ايزوتارم النوع L (المعروفة باسم Langmuir)**

هو الأكثر شيوعاً، يوجد هذا السلوك في الحالة التي يكون فيها الامتزاز ضعيفاً وعندما تكون جزيئات

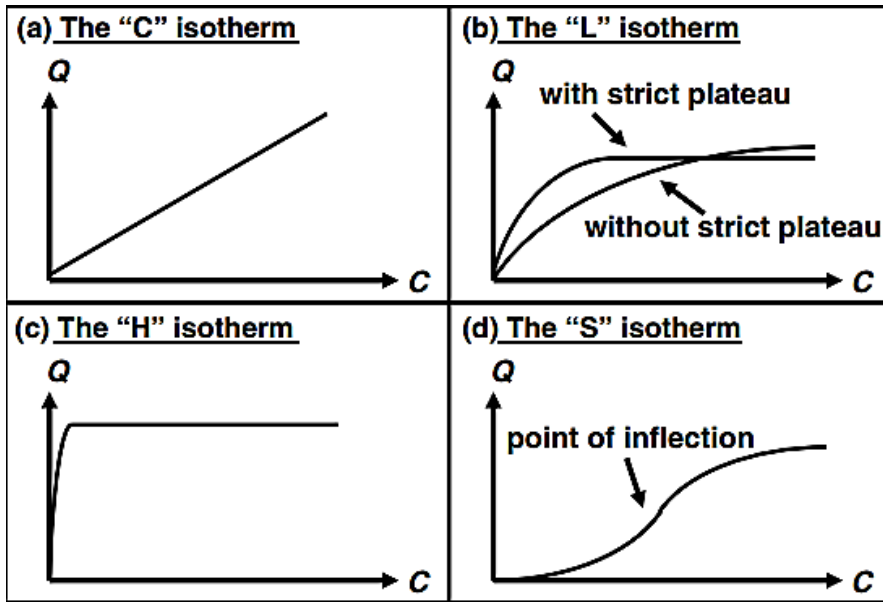
الممتزات مستوية.

**.iii ايزوتارم النوع H (تقارب عالي)**

يتم الحصول عليه عندما يكون هناك امتصاص كيميائي للمذاب.

**.iv ايزوتارم النوع S**

يتم الحصول عليه عندما تنتبث جزيئات المذاب بالمادة الصلبة، فقط من خلال مجموعة واحدة [28].



الشكل 8.I : الأنواع الأربعة الرئيسية من ايزوتارم الامتزاز (بعد جيلز وآخرون، 1974) [25].

**8.3.I نماذج ايزوتارم الامتزاز (Modèles des isothermes d'adsorption)**

تم اقتراح العديد من القوانين لدراسة الامتزاز والتعبير عن العلاقة بين الكمية الممتزة وتركيز المذاب

في مذيب وفي درجة حرارة معينة، فيما يلي القوانين الرئيسية المستخدمة [29]:

**1.8.3.I نموذج لانجمير (Modèle de Langmuir)**

غالبًا ما يتم وصف تفاعلات الامتزاز باستخدام نموذج الامتزاز لانجمير، حيث يتم التعبير على هذا

النموذج بالعلاقة التالية [29]:

$$Q_{ads} = N \times \frac{(K \times C_{eq})}{1 + (K \times C_{eq})} \quad I.10$$

حيث:

$Q_{ads}$ : كمية الممتزات الثابتة لكل وحدة من سطح الامتزاز.

$N$ : الكمية الممتزة عند التشبع.

$k$ : ثابت تقارب الامتزاز لسطح الممتزات.

$C_{eq}$ : تركيز الامتزاز في المحلول عند التوازن.

يتم تحديد معاملات الامتزاز  $K$  و  $N$  من الدالة الخطية لنموذج Langmuir الذي يمكن أن يتخذ أشكالاً

مختلفة ولكننا سوف نهتم فقط بالشكل الأكثر استخداماً [29]:

$$\frac{C_{eq}}{Q_{ads}} = \frac{C_{eq}}{N} + \frac{1}{(K \times N)} \quad I.11$$

**2.8.3.I نموذج فروندليش (Modèle de Freundlich)**

بشكل عام عندما تكون الكميات الممتزة منخفضة جدًا يطبق نموذج فروندليش، ويتم التعبير عنه

بالعلاقة التالية [29]:

$$Q_{ads} = k \times c_{eq}^{1/n} \quad I.12$$

يتم تحديد ثوابت الامتزاز المميزة K و n على التوالي من الدالة خطية لنموذج فروندليش التالي [29]:

$$\log Q_{ads} = \log k + n \times \log c_{eq} \quad I.13$$

### 3.8.3.I نموذج تمكين (Modèle de Temkin)

أسس تمكين سنة 1941 النموذج الذي يحمل اسمه، والذي يعبر عنه بالعلاقة التالية:

$$q_e = \frac{RT}{b_{T_m}} \ln A_{T_m} C_e \quad I.14$$

وبشكل اخر مبسط:

$$q_e = B_{T_m} \ln A_{T_m} C_e \quad I.15$$

$$B_{T_m} = \frac{RT}{b_{T_m}} \quad I.16$$

الشكل الخطي لنموذج تمكين يعطى بالشكل التالي [30]:

$$q_e = B_{T_m} \ln A_{T_m} + B_{T_m} C_e \quad I.17$$

حيث:

$A_{T_m}$ : ثابت تمكين (L/g).

$B_{T_m}$ : ثابت تمكين المرتبط بحرارة الامتزاز (J/mol).

R: ثابت الغازات المثالية (8.314 J/mol. K).

T: درجة الحرارة (K).

### 4.8.3.I نموذج برونوير، إيميت وتيلر (Modèle de Brunauer, Emmett et Teller)

هو نموذج يعتمد أيضًا على امتزاز جزيئات الغاز، والعلاقة التي تمثل هذا النموذج هي كما يلي:

$$\frac{P}{V \times (P_0 - P)} = \frac{1}{V_m \times C} + \frac{C - 1}{V_m \times C} \times \frac{P}{P_0} \quad \text{I.18}$$

حيث:

P: ضغط التوازن.

V: حجم الغاز الممتز عند الضغط P.

P<sub>0</sub>: ضغط البخار المشبع.

V<sub>m</sub>: حجم الممتزات المطلوبة لتكوين طبقة أحادية كاملة.

C: ثابت مرتبط بالخصائص الديناميكية الحرارية للنظام صلب - غاز [29].

### 9.3.I ترموديناميك الامتزاز (thermodynamique de l'adsorption)

يترافق اختلاف أوتحويل النظام مع اختلاف في الطاقة الحرة، في حالة تفاعل امتزاز الجزيئات على

السطح، حيث يمكن كتابة الاختلاف العام للطاقة الحرة ( $\Delta G^\circ$ ) الناتجة عن معادلة جيبس بالشكل التالي

[31]:

$$\Delta G^\circ_{\text{ads}} = \Delta H^\circ_{\text{ads}} - T\Delta S^\circ_{\text{ads}} \quad \text{I.19}$$

تسمح لنا العلاقة الديناميكية الحرارية (I.19) المرتبطة بعلاقة Vant'Hoff (I.20) بالوصول إلى

المعادلة (I.21)

$$\Delta G^{\circ} = -RT \ln K_C \quad \text{I.20}$$

$$\ln K_C = \frac{\Delta S^{\circ}}{R} - \frac{\Delta H^{\circ}}{R} \frac{1}{T} \quad \text{I.21}$$

حيث:

$\Delta G^{\circ}$ : الاختلاف في الطاقة الحرة.

$\Delta H^{\circ}$ : الاختلاف في الانتالبي.

$\Delta S^{\circ}$ : الاختلاف في الانتروبي.

$K_C$ : ثابت توزيع الامتزاز [31].

### 10.3.I تطبيقات الامتزاز (Applications d'adsorption)

#### 1.10.3.I تطبيقات في الطور السائل (Application en phase liquide)

تصنف تطبيقات امتزاز الطور السائل إلى مجالين لفصل المواد الكيميائية:

##### i. مجال معالجة المحاليل المخففة

في هذا النوع من العلاج، يجب التمييز بين التخلص من المواد المذابة التي تعتبر شوائب وهو مجال

تنقية المذيبات بالامتزاز أو استعادة المواد المذابة وهو مجال الاستخلاص بالامتزاز، لهذا الغرض التطبيقات

الصناعية عديدة وأهمها: معالجة المياه، تغير لون العصائر السكرية، تنقية المنتجات البترولية والدهون

الحيوانية والنباتية [4].

## ii. مجال تجزئة المخاليط السائلة

هناك عدد قليل من العمليات الصناعية التي تسمح بالتجزئة على نطاق واسع عن طريق الامتزاز من خلائط مهمة اقتصادياً كالمنتجات البترولية، فإن الكروماتوغرافيا السائلة عالية الضغط (HPLC) تحتل المرتبة الأولى من حيث كفاءتها وأدائها [4].

### 2.10.3.I تطبيقات في الطور الغازي (Application en phase gazeuse)

أهم التطبيقات في هذا الطور تتعلق بالتجفيف وتنقية الغازات [4].

### 4.I الكربون المنشط (Charbon Actif)

يعتبر الكربون المنشط أكثر المميزات استخداماً في معالجة مياه الصرف في جميع أنحاء العالم كما تم استخدامه في وقت مبكر من 1500 قبل الميلاد للأغراض الطبية والتنقية [32].

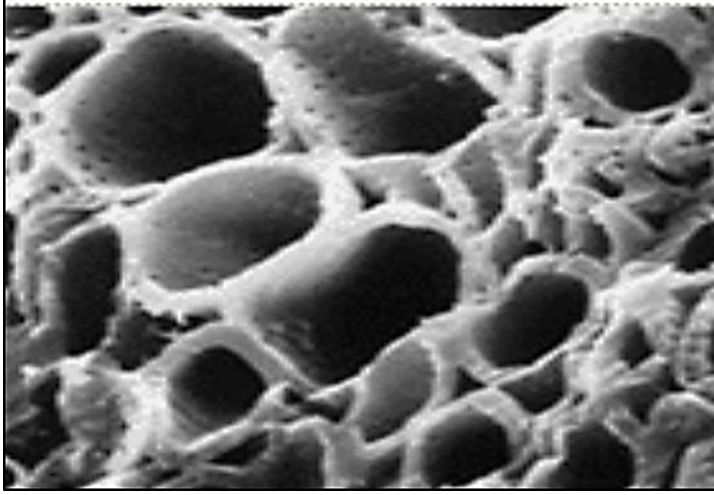
### 1.4.I تعريف الكربون المنشط (Définition d'un charbon actif)

هو مادة ذات لون اسود تكون صلبة وعديمة الطعم وتتميز بدرجة عالية من المسامية، وأيضاً هو اسم لعائلة كبيرة من المواد الفحمية ليس لها تركيب كيميائي معين ويمكن تصنيعه من عدة مواد وبطرق مختلفة، لدية مساحات سطحية محددة كبيرة، و سطح سطحي يحتوي على مجموعات وظيفية، ويمتلك أيضاً قدرة امتزاز عالية [33, 34].

### 2.4.I بنية الكربون المنشط (Structure du charbon actif)

إن تركيبه الكربون النشط تتمثل في وجود مجموعات وظيفية التي تمثل الموقع النشط في ظاهرة الامتزاز، من بين هذه المجموعات نذكر المجموعات الكربوكسيلية، انهدريد كربوكسيليك، فينوليك، كربونيل

ولاكتون. يتكون الكربون المنشط من تركيب منظم من بلورات دقيقة متغيرة الحجم من ( $150 \text{ \AA}$  الى  $5 \text{ \AA}$ )، وكل بلورة تتكون من طبقات غير منتظمة بعدها عن بعضها ( $3.6 \text{ \AA}$ ) كما موضح في الشكل 9.I [21].



الشكل 9.I : بنية الكربون المنشط [35].

### 3.4.I نسيج الكربون المنشط (Texture du charbon actif)

النسيج البلوري للكربون المنشط يعرف بأنه الشكل الهندسي الذي يتكون من ترتيب الدقائق المجهرية والمسامات في ذرة الكربون المنشط، ويعتمد هذا الأخير على نوعية المادة التي يحضر منها وتقنية التحضير، ويميز أساسا بالسطح النوعي والمسامية [36].

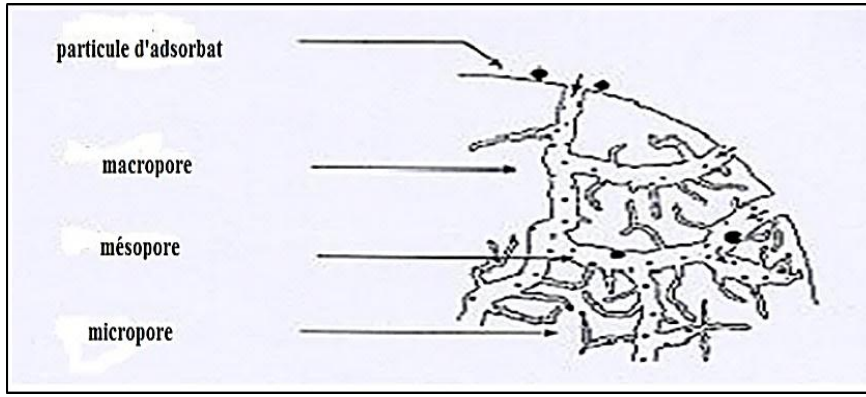
#### 1.3.4.I السطح النوعي (La surface spécifique)

هو المساحة المتطورة من طرف الكربون المنشط والتي تأخذ بعين الاعتبار كل التجاوزات الموجودة في المحور الجزيئي، والتي تسند إلى وحدة كتلة الكربون المنشط التي تصل إلى ( $3000 \text{ m}^2/\text{g}$ ) [36].

#### 2.3.4.I المسامية (Le porosité)

تمثل جزء الفراغ الموجود في الكربون المنشط والذي يمكن أن يصل إلى (80 %) ، وتعتمد على أبعاد

المسامات وتوزعها كما هو موضح في الشكل 10.I [37]:



الشكل 10.I : البنية المسامية للكاربون المنشط [21].

وقد صنف العالم DUBININ هذه المسامات في ثلاثة أقسام مختلفة كما موضح في الجدول 1.I:

الجدول 1.I : تصنيف و خواص مسامات الكربون المنشط [21].

نوع المسامات	القطر (nm)	السطح النوعي (m <sup>2</sup> /g)	الكتلة الحجمية (g/ml)
مسامات دقيقة	<2	600-1500	0.2-0.6
مسامات متوسطة	2-50	20-70	0.02-0.1
مسامات كبيرة	>50	0.5-2	0.2-0.8

#### 4.4.I أنواع الكربون المنشط (Les différentes formes du charbon actif)

يتوفر الكربون المنشط إما في شكل مسحوق أو حبيبات، يحتوي الكربون المنشط المسحوق على حجم جسيمات أقل من (100 µm) بمتوسط قطر يتراوح بين (15 و 25 µm)، لديهم سطح خارجي كبير و سرعة امتزاز سريعة جداً، يفضل استخدامه لامتزاز المحلول دفعة واحدة، و تُستخدم المساحيق الرفيعة في الصيدليات و تُستخدم أيضاً لتغيير لون الزيوت والدهون والنبذ والسكريات والعديد من السوائل العضوية الأخرى. ويتميز الشكل الحبيبي للكربون المنشط بحجم جسيم أكبر من (1 mm) ومسام ذو قطر صغير و سطح داخلي كبير و سطح خارجي صغير نسبياً، ونتيجة لذلك تكتسب ظاهرة الانتشار داخل المسام أهمية كبيرة في عمليات الامتزاز، يفضل استخدام هذا الفحم في سرير ثابت لامتزاز الغازات والأبخرة، وتستخدم عادة لمعالجة المياه [38].

## 5.4.I الخواص الكيميائية والفيزيائية للكربون المنشط ( Les Propriétés physico-chimiques du ) (charbon actif)

### 1.5.4.I الخواص الفيزيائية (Les Propriétés physiques)

#### i. حجم الجسيمات (La granulométrie)

تحد من سرعة الامتزاز حيث كلما كانت الحبوب أصغر، كلما كان انتشارها إلى المركز أسرع [35].

#### ii. صلابة المادة (La dureté)

تعتبر عن مقاومة الكربون المنشط للتآكل والضغط والاستنزاف والاهتزازات، ويعد هذا عاملاً مهماً في تصميم نظام المعالجة وعمرها لأنه يتيح تقييم تكوين الغبار الضار بتشغيل التركيبات (انسداد السيرير، الترسيب في الصمامات والأنابيب، وما إلى ذلك..). يعتمد ذلك على المواد الخام ومستوى التنشيط [35].

#### iii. معدل الرماد (Le taux de cendre)

هو الجزء غير العضوي (الخامل)، غير المتبلور وغير قابل للاستخدام الموجود في الكربون المنشط، غالباً ما يتكون الرماد من أملاح الكالسيوم وأكاسيد المعادن، بحيث كلما انخفض معدل الرماد كان الكربون المنشط أفضل [35].

### 2.5.4.I الخواص الكيميائية (Les Propriétés chimiques)

تعتمد أساساً على قدرة الامتزاز للكربون المنشط والمادة الممتزة، في بعض الدول الأوربية وخاصة فرنسا تستعمل الدلالة FINAD للتعبير عن خمس مواد ملوثة وهي: الفينول (F)، اليود (I)، الفينازون (A)، المنظفات (D)، اندول (N) [21].

### 6.4.I تحضير الكربون المنشط (Préparation du charbon actif)

يتكون تحضير الكربون المنشط من مرحلتين:

#### 1.6.4.I الكربنة أو الانحلال الحراري (Carbonisation)

هي العملية التي تتعرض فيها العينة لدرجات حرارة عالية بين (400 – 600 °C) في جو خامل، بحيث تسمح هذه الخطوة بإزالة جزء من العناصر غير المتجانسة (الأكسجين، الهيدروجين، النيتروجين) في شكل غاز بالإضافة إلى تكوين منتج كربوني صلب ذو بنية مسامية [39].

#### 2.6.4.I التنشيط (Activation)

التنشيط يعمل على زيادة حجم المسامات وتوسيعها وهناك طريقتان هما:

##### i. التنشيط الفيزيائي (L'activation physique)

عملية تركز على عامل مؤكسد (هواء، بخار الماء، ثاني أكسيد الكربون) في درجة حرارة عالية (850 - 1100 °C)، لإنتاج منتج مسامي ذو كتلة أقل، حيث يشير فقدان هذه الكتلة إلى معدل التنشيط [39].

##### ii. التنشيط الكيميائي (L'activation chimique)

يتم بغسل المادة المفحمة، وهي المرحلة التي تعتبر شرطا لاتمام الاكسدة باستعمال حمض الفوسفوريك (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)، او كلور الزنك (ZnCl<sub>2</sub>)، او هيدروكسيد البوتاسيوم (KOH)، او حمض الكبريتيك (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)، ونعرض المادة لدرجة حرارة منخفضة مقارنة بالتنشيط الفيزيائي من اجل اعادة تنظيم بنية المادة الكربونية المنشطة، وبعد التفاعلات تغسل المادة الكربونية المنشطة بالماء المقطر جيدا لازالة كل أثر للمواد الكيميائية المتبقية [21].

### 7.4.I تجديد الكربون المنشط (Régénération du charbon actif)

إن تشبع سطح الكربون المنشط عن طريق امتزاز المذاب يحد من مدة استخدامه. من الممكن بعد ذلك: إما استبدالها أو معالجتها بإحدى عمليات التجديد (الحرارية أو الكيميائية أو البيولوجية أو الكهروكيميائية) لاستعادة كامل أو جزء من قدرتها على الامتزاز. التجديد جزء مهم من تكاليف التشغيل لعمليات تنقية الكربون المنشط وتتمثل في مايلي [39]:

#### 1.7.4.I التجديد الحراري (Régénération thermique)

بشكل عام، يتم التجديد الحراري على مرحلتين، وهما الكربنة ثم التنشيط، يمكن تسخين الفحم في الأفران أو بالأشعة تحت الحمراء، يحتوي الفحم المعاد حرارياً على خصائص مختلفة قليلاً عن الفحم الأصلي وذلك بانخفاض حجم الحبيبات، وصغر الحجم والكثافة الظاهرية بشكل طفيف بينما يزداد محتوى الرماد هذا النوع من التجديد بكفاءة (100 %)، ولا يزال العملية الأكثر استخداماً اليوم، التجديد الحراري هو بالتأكيد العملية التي تعطي أفضل جودة للفحم، ولكنها تستهلك الكثير من الطاقة، وينتج عنه فقدان كتلة (10 - 5 %) لكل دورة تجديد وهذا هو السبب في استخدام عمليات أخرى أكثر اقتصاداً [39].

#### 2.7.4.I التجديد الكيميائي (Régénération chimique)

يقوم على استخدام مذيب محدد للمادة الملوثة الممتزة على سطح الكربون المنشط وبالتالي ترتبط كفاءة التجديد باختيار كاشف الاستخراج بالإضافة إلى جميع المعلمات التي تؤثر على الامتزاز. أكثر المذيبات العضوية استخداماً هي: الأسيتون، الإيثانول، الميثانول، حمض الفورميك، ثنائي كلورو ميثان والكلوروفورم... إلخ. يمكن أيضاً ذكر المواد المؤكسدة مثل: الكلور، برمنجنات البوتاسيوم وبيروكسيد الهيدروجين، كما أن المذيبات العضوية أكثر فاعلية من أكسدة المركبات غير العضوية، ويكون التجديد الكيميائي أكثر اقتصاداً من التجديد الحراري، حيث تكون خسائر كتلة الكربون بنسبة (0.5 %) [39].

### 3.7.4.I التجديد البيولوجي (Régénération biologique)

يستخدم التجديد البيولوجي لإزالة المواد الملوثة القابلة للتحلل الحيوي الممتزة على سطح الكربون المنشط، يتم وضع الكربون المنشط الملوث في وعاء مزود بسائل بكتيري يحتوي على العناصر الغذائية اللازمة لنشاط البكتيريا، بعد تدمير الملوثات، يتم غسل الكربون المنشط قبل الاستخدام. ومن مزايا التجديد البيولوجي: تتجنب عمليات نقل التلوث، ووفرة الطاقة المحققة، وخسائر الكتلة المنخفضة للفحم مفيدة اقتصاديًا. ومع ذلك، يحتاج التجديد البيولوجي إلى التحسين لأن التجديد جزئي وبطيء ومحدّد فقط [39].

### 4.7.4.I التجديد الكهروكيميائي (Régénération électrochimique)

يتضمن القضاء على المواد الملوثة التي تشبع منها الكربون المنشط بتطبيق جهد كهربائي على هذا الأخير، يتم جلب الفحم الموضوع في عمود إلى أنود أو كاتود محتمل، تلعب طبيعة الإلكتروليت وتركيزه قيم التيار الكهربائي، وقت تطبيق الإمكانات، والأس الهيدروجيني، دورًا مهمًا في تغيير معدل التجدد [39].

### 8.4.I تطبيقات الكربون المنشط (Applications de charbon actif)

- إزالة الرائحة واللون والطعم بالإضافة إلى إزالة الشوائب العضوية الغير مرغوب فيها من المياه المعالجة الناتجة عن معالجة المياه المنزلية والزراعية.
- التحكم بتلوث الهواء عن طريق إزالة الغازات والابخرة الضارة وإزالة بعض الملوثات المعقدة مثل المبيدات والفينول والزيوت المعدنية، كما يستخدم بشكل فعال لأغراض العزل.
- يستخدم بشكل واسع لامتناز انبعاثات الزئبق من محطات الطاقة العاملة بالفحم ومحارق النفايات الطبية [40].

### 9.4.I استعمال المخلفات الزراعية في تحضير الكربون المنشط

لقد اتجه العديد من الباحثين الى استعمال أنواع كثيرة من المخلفات الزراعية في تحضير الكربون المنشط واستعماله في إزالة الملوثات والتي من بينها نذكر:

- قشور جوز الهند التي تتوفر بكثرة في المناطق الاستوائية وخاصة في ساحل العاج، تمت معالجتها بعد الكربنة والتجفيف بطريقتين من التنشيط (الفيزيائية والكيميائية)، وبعد التشخيص وجد أن الفحم المنشط المحضر له مساحة سطحية تتراوح بين (200 و1300 m<sup>2</sup>/g) [41].
- استعملت نفايات الشاي في تحضير الكربون المنشط تحت أجواء النيتروجين (NAC) والهواء (AAC) والبخار (SAC)، مع عملية التنشيط التي تمت بواسطة حمض (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)، بحيث تميزت خصائصه الفيزيائية والكيميائية بمساحة سطح قدرت بـ (880 m<sup>2</sup>/g) [42].
- تم استخدام ألياف التين الشوكي وهي كتلة حيوية زراعية لإنتاج كربون منشط منخفض التكلفة باستخدام عامل تنشيط كيميائي حمضي (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)، تم تحديد مساحته السطحية بـ (299.02 m<sup>2</sup>/g) [43].

**الفصل II : تحضير الفحم المنشط من وريقات سعف النخيل ( Préparation )**

**(du charbon actif à partir des feuilles de palmier**

**1.II تمهيد**

في هذا الفصل سنقوم بتحضير الفحم المنشط من وريقات سعف نخيل التمر بطريقة التنشيط الكيميائي، ولمعرفة خصائصه نقوم بتشخيصه بعدة طرق.

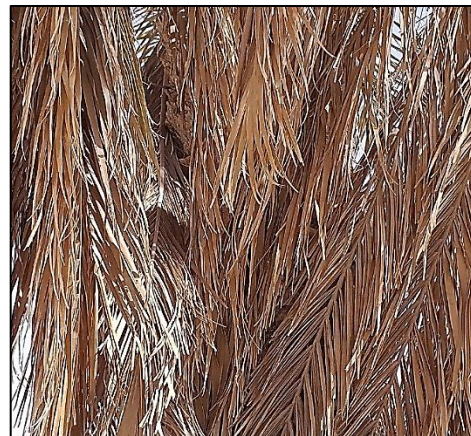
**2.II تحضير الفحم المنشط (Préparation du charbon actif)****1.2.II تحضير المادة الخام (Préparation de la matière première)**

جمعت كمية من السعف المتواجد كمخلفات لنخيل التمر من أحد الحقول الزراعية بمنطقة الوادي التي تقع في الجنوب الشرقي الجزائري، تم فصل الوريقات وقطعت إلى أجزاء صغيرة حوالي (1 cm) ثم غسلت بالماء المقطر لإزالة جميع الشوائب، بعدها جففت في الهواء الطلق ثم في المجفف ( $60^{\circ}\text{C}$ ) لمدة 24 ساعة. بعد التجفيف طحنت المادة ثم غربلت بواسطة غربال لاستخراج عينات بأبعاد تتراوح ما بين ( $125 - 250 \mu\text{m}$ ). غسلت العينات التي تم اختيارها بالماء المقطر عدة مرات إلى غاية الحصول على ماء غسيل خالي من الشوائب ثم جففت بواسطة المجفف الحراري تحت تأثير درجة حرارة ( $70^{\circ}\text{C}$ ) لمدة 5 ساعات. بعد ذلك تخزن العينات في حاويات محكمة الإغلاق لاستخدامها في المرحلة الموالية.

(b)



(a)



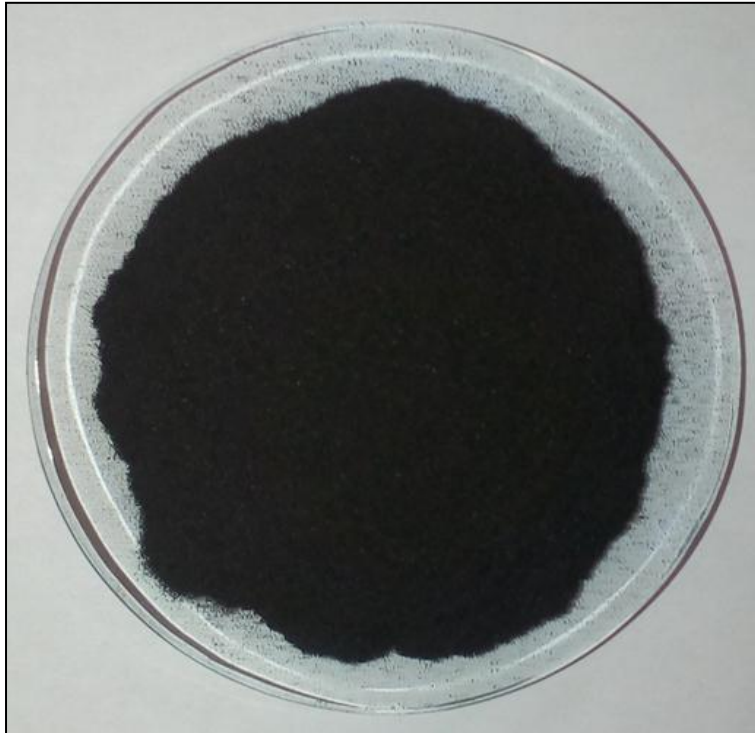
الصورة 1.II : صورة توضح السعف (a) ووريقات السعف مطحونة (b).

## 2.2.II كربنة المادة الخام (Carbonatation de la matière première)

توضع (25 g) من وريقات السعف المحضرة سابقا في بوتقة وتكرين داخل فرن (Wisd furnace) لمدة 1 ساعة و9 دقائق تحت درجة حرارة (500 °C)، ثم تترك تبرد قبل عملية التنشيط.

## 3.2.II التنشيط الكيميائي (Activation chimique)

بعد عملية الكربنة يتم غسل الفحم الناتج بالماء المقطر مع الرج المغناطيسي لعدة مرات (3 مرات) مدة 20 دقيقة لكل غسلة، ثم يتم تصفيته ويجفف في درجة حرارة (70 °C) لمدة 4 ساعات. من ثم تغمر كمية الفحم الناتجة في بيشر يحوي حمض الفوسفوريك ( $H_3PO_4$ )، بحيث تكون نسبة التشريب 1/2 (وزن الحمض/ وزن الفحم) لمدة 3 ساعات في درجة الحرارة العادية للمخبر، بعدها يرشح ويغسل الناتج بالماء المقطر عدة مرات حتى اعتدال pH ماء الغسيل، من ثم يجفف الفحم المنشط في درجة حرارة (105 °C) لمدة 24 ساعة ثم يخزن في حاويات محكمة الإغلاق لاستعماله في عمليات الإمتزاز.



الصورة 2.II : صورة توضح الفحم المنشط المحضر من وريقات السعف.

### 3.II تشخيص الفحم المنشط (Diagnostic du charbon actif)

#### 1.3.II فقدان الكتلة الحيوية (Perte de biomasse)

يتم حساب نسبة فقدان الكتلة الحيوية (Loss) بالعلاقة التالية:

$$\text{Loss}(\%) = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \quad \text{II.1}$$

$W_i$ : وزن العينة الأولي (قبل الكربنة).

$W_f$ : وزن العينة النهائي (بعد التنشيط) [44].

وزن الفحم المنشط المحضر وجد (7.6 g)، لتكون نسبة فقدان الكتلة الحيوية (69.6 %)، من خلال هذه النتيجة يمكن حساب ناتج الفحم المنشط الذي يعرف بأنه نسبة وزن الفحم المنشط الناتج إلى وزن المادة الخام [45]، ليكون ناتج الفحم المنشط (30.4 %). يعود فقدان الكتلة الحيوية عموماً إلى تكوين جزيئات غازية متطايرة مثل ( $\text{CH}_4$  و  $\text{CO}_2$ ) أثناء عملية التحلل الحراري [45]، كذلك وجود حمض الفوسفوريك أثناء عملية التنشيط يعزز التجفيف [46].

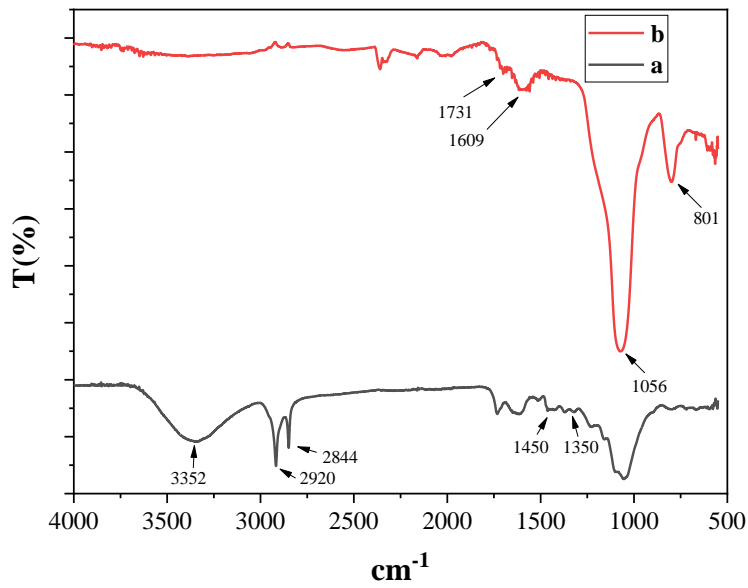
#### 2.3.II المجموعات الوظيفية السطحية

لمعرفة أهم المجموعات الوظيفية السطحية للفحم المنشط نستعمل تقنية التحليل بالأشعة تحت الحمراء (IR) بواسطة جهاز (FT-IR Spectrometer, Thermo Scientific Nicolet iS5)، وذلك بمجال مسح (550- $4000 \text{ cm}^{-1}$ ).

يوضح الشكل 1.II طيف الأشعة تحت الحمراء (IR) لوريقات السعف الخام والفحم المنشط المحضر

من وريقات السعف، حيث نلاحظ

- تراجع واضح في كثافة مجموعة الهيدروكسيل (OH) بالنسبة للفحم المنشط عند القمة 3352  $\text{cm}^{-1}$ ، قد يكون هذا بسبب عملية الكربنة في درجات حرارة عالية مما أدى إلى فقدان الماء من المادة الخام [47].
- تعود القمتان الواقعتان عند ( $2920$  و  $2844$   $\text{cm}^{-1}$ ) في وريقات السعف الخام إلى تمدد (C-H) الأليفاتي في مجموعات ( $\text{CH}_2$  و  $\text{CH}_3$ ) الموجودة في هيكل السليلوز، اختفاء القمتان عند الفحم المنشط يشير إلى أن بنية السليلوز قد تم تعديلها بشكل كبير من خلال عملية التنشيط، يلاحظ هذا السلوك أيضًا من خلال اختفاء العصابات الموجودة بين ( $1350$  و  $1450$ ) المنسوبة إلى تشوه ( $\text{CH}_2$  و  $\text{CH}_3$ ) الأليف في بنية السليلوز البلوري [45, 48]، مما يشير إلى إزالة كمية كبيرة من الهيدروجين أثناء عملية تحضير الفحم المنشط [49, 50]، وانخفاض الأليفاتية نتيجة للحمض والمعالجة الحرارية [47].
- تتوافق القمة عند ( $1731$   $\text{cm}^{-1}$ ) مع اهتزاز التمدد (C=O) للكربونيل والتي تراجعت قليلا في الفحم المنشط مما يدل على أن العديد من الروابط الأليفية والعطرية قد تم كسرها نتيجة للتنشيط الكيميائي وإزالة الكثير من المواد المتطايرة [47, 50].
- تشير القمة عند ( $1609$   $\text{cm}^{-1}$ ) إلى تمدد مجموعة (C=C) العطرية حيث زادت قليلا في الفحم المنشط [45].
- القمة حوالي ( $1056$   $\text{cm}^{-1}$ ) تعود إلى وجود تمدد (C-C) [50]، ويمكن أن تعزى النطاقات التي تظهر بين ( $900$  و  $1200$   $\text{cm}^{-1}$ ) إلى وجود أنواع الفوسفور في العينات [49]، لأن التعيين في هذه المنطقة صعب كون نطاقات الامتصاص متداخلة [51].
- نلاحظ ظهور قمة في الفحم المنشط عند ( $1800$   $\text{cm}^{-1}$ ) تعود لتمدد (C-H) في المركبات العطرية [52].



الشكل 1.II : طيف الأشعة تحت الحمراء (IR) لوريقات السعف الخام (a) والفحم المنشط (b).

### 3.3.II البنية السطحية (Structure surfacique)

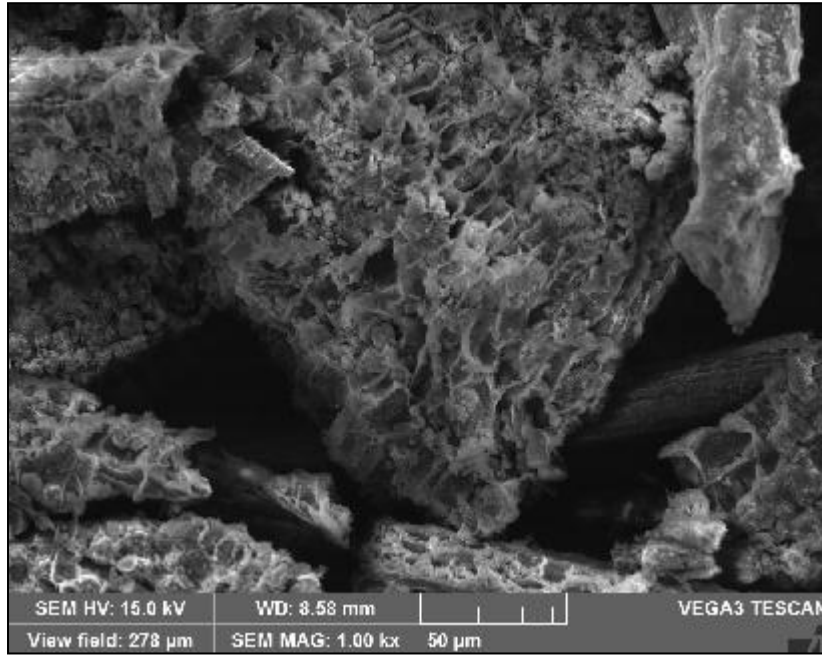
يتم معاينة البنية السطحية للفحم المنشط من خلال صور المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)

باستعمال جهاز (Quanta 250 FEI).

يظهر في الصورة 3.II صورة المجهر الإلكتروني (SEM) للفحم المنشط المحضر من وريقات

السعف، حيث نلاحظ أن سطح الفحم المنشط مليء بالتجاويف والمسامات ذات الأحجام والأشكال المختلفة

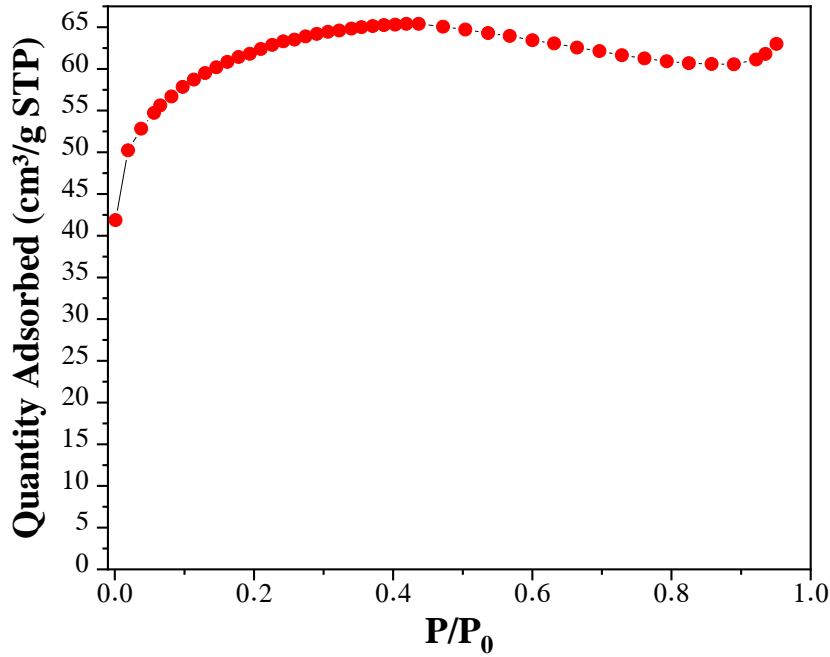
التي تم تطويرها خلال عملية المعالجة الحرارية والتنشيط الكيميائي.



الصورة 3.II : صورة (SEM) للفحم المنشط المحضر من وريقات السعف.

#### 4.3.II المساحة النوعية السطحية (Surface qualitative de la surface)

يعد قياس السطح النوعي عن طريق امتزاز غاز الأزوت ( $N_2$ ) عند درجة حرارة التميع (77 K) الطريقة الأكثر استخداماً لتوصيف المواد، حيث تمتز أسطح المواد الصلبة جزيئات الغاز المحيطة ويتم قياس المساحة السطحية من خلال كمية الأزوت الممتزة والمرتبطة بالضغط (P)، تشكل نظرية ((BET)، (Brunauer, Emmett and Teller) نموذجاً رياضياً لعملية امتزاز هذه الغازات. هذه الظاهرة تسمح بقياس السطح الكلي وتحليل حجم المسامات في المواد المسامية [53]. يتم قياس المساحة السطحية للفحم المنشط بواسطة جهاز (Micromeritics, ASAP 2020).



الشكل 2. II : ازوتارم امتزاز (N<sub>2</sub>) على الفحم المنشط المحضر من وريقات السعف.

لحساب المساحة النوعية السطحية نعتمد على نموذج (BET) الذي تعطى علاقته الخطية بالمعادلة

التالية [54]:

$$\frac{1}{Q \left( \frac{P_0}{P} - 1 \right)} = \frac{C - 1}{Q_m C} \left( \frac{P}{P_0} \right) + \frac{1}{Q_m C} \quad \text{II.2}$$

حيث:

(P و P<sub>0</sub>) الضغط وضغط التشبع للغاز على التوالي، (Q<sub>m</sub>) الكمية الممتازة اللازمة لتشبع طبقة أحادية

(cm<sup>3</sup>/g) و (C) ثابت. تحسب المساحة النوعية السطحية (S<sub>BET</sub>) بالعلاقة التالية:

$$S_{BET} = \frac{Q_m}{22400} \cdot N \cdot A_m \quad \text{II.3}$$

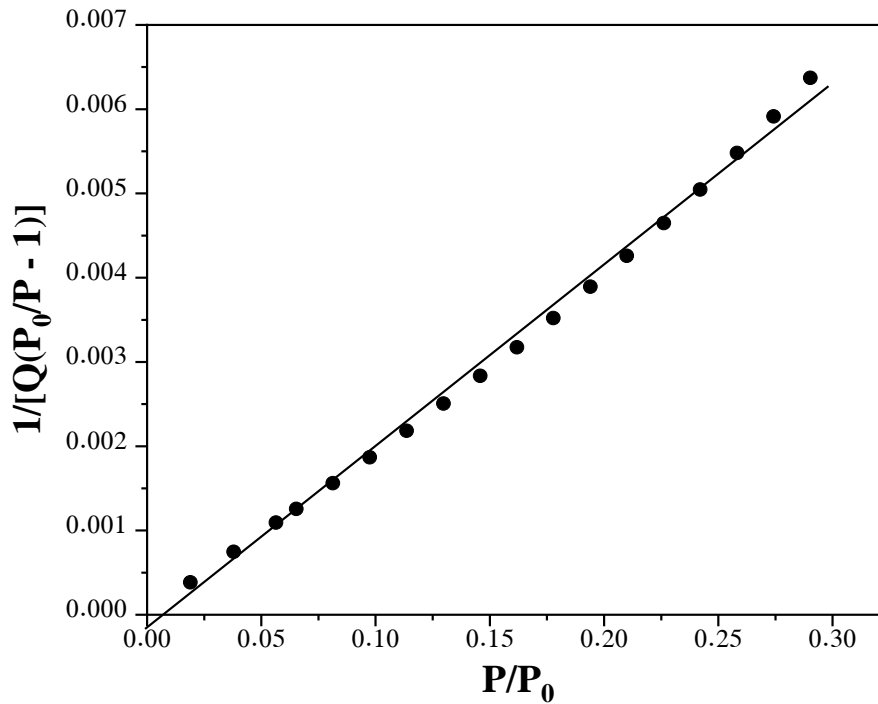
حيث:

N : عدد افوغادرو ( $6.02 \times 10^{23}$ ). $A_m$  : المساحة التي يشغلها جزئ الغاز ( $0.162 \text{ nm}^2$ ).

نرسم منحنى تغير المقدار  $\left( \frac{1}{Q \left( \frac{P}{P_0} - 1 \right)} \right)$  بدلالة  $\left( \frac{P}{P_0} \right)$  لأجل حساب الثابت (C) والكمية الممتزة ( $Q_m$ )

وهذا من خلال الميل (Pente) والتقاطع مع محور الترتيب (Y- Interceptor) كما هو موضح في

الشكل 3.II.



الشكل 3.II : منحنى نموذج BET لإمتزاز ( $N_2$ ) على الفحم المنشط.

يوضح الجدول 1.II هذه النتائج إضافة إلى نتيجة المساحة السطحية.

الجدول 1.II : نتائج نموذج BET والمساحة النوعية السطحية للفحم المنشط.

المقدار	القيمة
$(\text{cm}^3/\text{g}) q_m$	46.399
معامل الارتباط $R^2$	0.997
المساحة النوعية السطحية $S_{\text{BET}}$ ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	202

المساحة السطحية ( $S_{\text{BET}}$ ) للفحم المنشط المحضر من وريقات السعف وجدت ( $202 \text{ m}^2/\text{g}$ )، عموماً المساحة السطحية للفحم المنشط المحضر من مواد وبقايا نباتية تختلف حسب ظروف التحضير المتمثلة في درجة حرارة ومدّة الكربنة وكذا نوع عامل التنشيط وتركيزه، وتبلغ قيم كبيرة تفوق ( $1000 \text{ m}^2/\text{g}$ ) في بعض الحالات.

من خلال نتائج تشخيص الفحم المنشط المحضر من وريقات السعف لاحظنا عدة خصائص مهمة في هذا الفحم تجعله مادة مازة جيدة لازالة الملوثات من الماء على غرار توفر المجموعات الوظيفية السطحية والمسامية إضافة إلى المساحة السطحية المعتبرة.

**الفصل III : تطبيق الفحم المنشط في امتزاز صبغة أزرق الميثيلين من محلول**

**مائي ( Application de charbon actif dans l'adsorption de )**

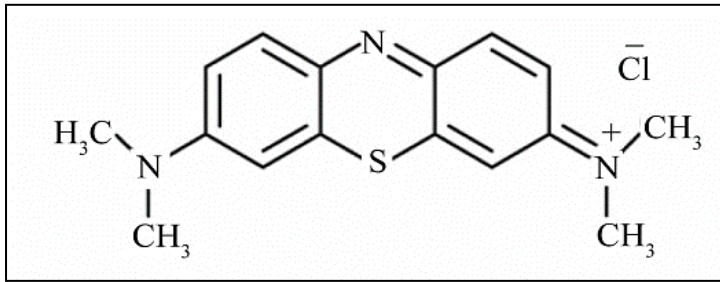
**(colorant bleu de méthylène à partir d'une solution aqueuse**

**1.III تمهيد**

في هذا الفصل سنقوم بتطبيق الفحم المنشط المحضر من وريقات سعف نخيل التمر في إزالة صبغة أزرق الميثيلين من محلول مائي، ليكون هذا المحلول بمثابة ماء ملوث بالصبغة.

**2.III تحضير المحلول المائي للصبغة (Préparation de la solution aqueuse du colorant)**

صبغة أزرق الميثيلين (Méthylène bleu (MB) or basic blue-9) هي صبغة كاتيونية أحادية التكافؤ صيغتها الكيميائية (C<sub>16</sub>H<sub>18</sub>N<sub>3</sub>SCl) كما هي موضحة في الشكل 1.III، كتلتها المولية (319.85 g/mol) ودرجة ذوبانها في الماء (35.5 g/L) [56, 55].



الشكل 1.III : الصيغة الكيميائية لصبغة أزرق الميثيلين (MB) [55].

نحضر المحلول المائي لصبغة أزرق الميثيلين عن طريق إذابة (1 g) من الصبغة في (1 L) من الماء المقطر للحصول على محلول رئيسي بتركيز (1000 mg/L)، من خلال هذا المحلول نحضر المحاليل الأخرى المخففة والمستعملة في الدراسة.

**3.III دراسة الإمتزاز (L'étude de l'adsorption)**

نجري عمليات الإمتزاز في مجموعة بيشر تحتوي كل منها على (50 ml) من محلول الصبغة مع (0.1 g) من الفحم المنشط. توضع المحاليل المعنية في جهاز الرج المغناطيسي متعدد المناصب وترج بسرعة (300 rpm). بعد كل عملية امتزاز تؤخذ عينة من كل محلول وتوضع في جهاز الطرد المركزي

لفصل المادة المازة عن المحلول، ومن ثم اخذ عينة من المحلول وتمدد لتقاس امتصاصيتها في جهاز المطيافية فوق البنفسجية (UV-Visible spectrophotometer (SHIMADZU 1800) عند طول موجي (668 nm)، وبالإعتماد على المنحنى العياري لأزرق الميثيلين الموضح في الشكل 2.III نقوم بحساب تركيز الصبغة في المحاليل ثم نحسب الكمية الممتزة عند التوازن بالعلاقة التالية:

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} V \quad \text{III.1}$$

حيث:

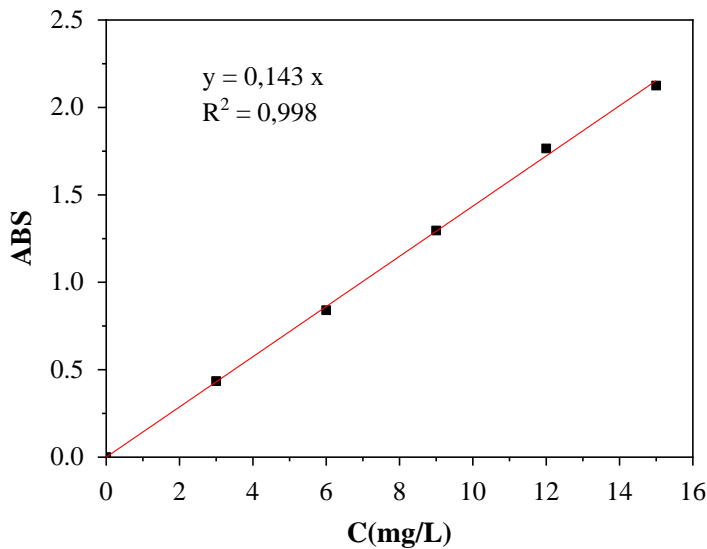
$C_0$ : تركيز الصبغة في المحلول الابتدائي.

$C_e$ : تركيز الصبغة في المحلول عند التوازن (mg/L).

$q_e$ : الكمية الممتزة عند التوازن (mg/g).

$V$ : حجم المحلول (L).

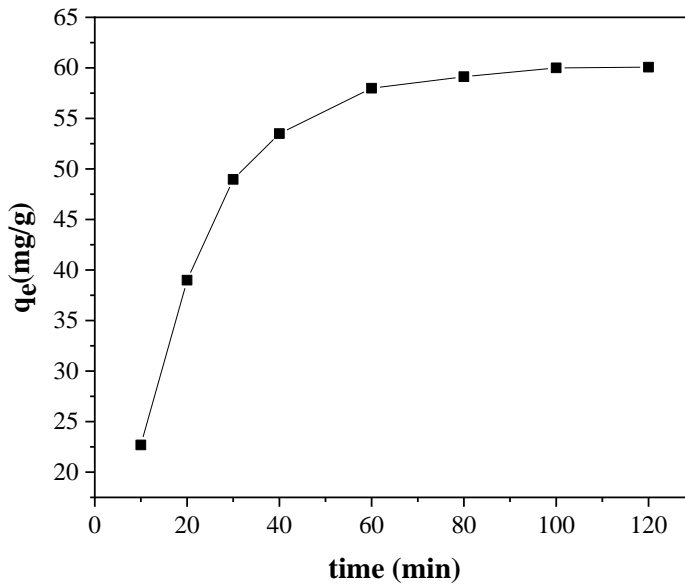
$m$ : كمية الفحم المنشط (g).



الشكل 2.III : المنحنى العياري لصبغة أزرق الميثيلين (MB).

### 1.3.III دراسة تأثير زمن التلامس (Etude de l'effet du temps de contact)

الهدف من تأثير زمن التلامس هو الوصول لزمن التوازن، لهذا الغرض ندرس امتزاز مجموعة من المحاليل موحدة التركيز (100 mg/L) عند أزمنة مختلفة ومتزايدة في درجة حرارة ثابتة (25 °C) والدليل الهيدروجيني الطبيعي للصبغة (pH = 6.45). بعد تجارب الامتزاز تحصلنا على النتائج الموضحة في الشكل التالي:

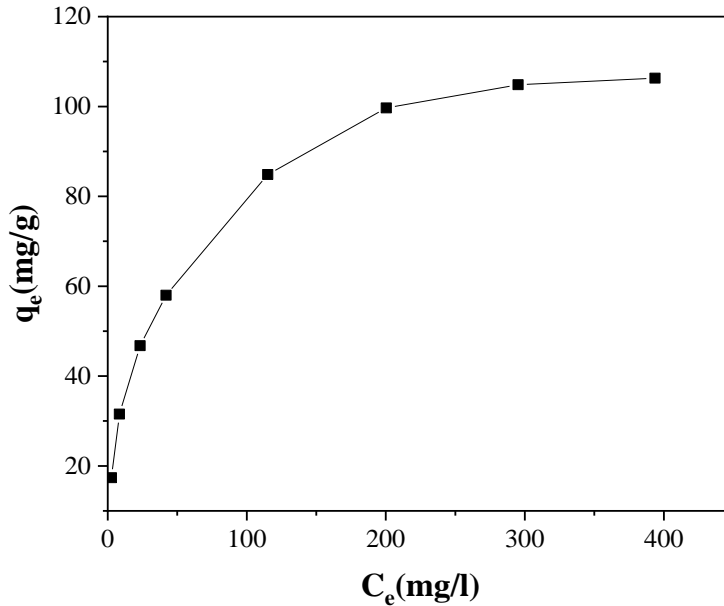


الشكل 3.III : تأثير زمن التلامس لإمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط (  $C_0 = 100 \text{ mg/l}$ ,  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{pH} = 6.45$ ).

من خلال الشكل 3.III نلاحظ أن كمية امتزاز الصبغة تتزايد مع زيادة زمن التلامس وتصل إلى أعلى قيمة (60.07 mg/g) عند زمن (120 دقيقة). في البداية كان معدل الامتزاز سريعاً ثم انخفض تدريجياً حتى الوصول إلى زمن التوازن والمقدر بـ (60 دقيقة)، وعليه الفترة الأولى من عملية الامتزاز تعتبر سريعة وسببها تراكم الصبغة على سطح المادة المازة [57].

### 2.3.III دراسة تأثير التركيز الأولي (Etude de l'effet de la mise au point initiale)

لدراسة تأثير التركيز الأولي للصبغة على عملية الإمتزاز نحضر مجموعة من المحاليل مختلفة التركيز تتراوح من (20 mg/L) إلى (500 mg/L) وندرس امتزازها في مدة زمن التوازن. بعد تجارب الامتزاز تحصلنا على النتائج الموضحة في الشكل 4.III الذي يبين تغير الكمية الممتزة ( $q_e$ ) بدلالة تركيز الصبغة عند التوازن ( $C_e$ ) والذي يسمى ايزوتارم الامتزاز.



الشكل 4.III : ايزوتارم إمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط ( $C_0 = 20-500$  mg/l,  $T = 25$  °C,  $pH = 6.45$ ).

من خلال الشكل 4.III نلاحظ أن الكمية الممتزة تتزايد مع زيادة التركيز الأولي للصبغة حيث ارتفعت

من (17.38 mg/g) إلى (106.32 mg/g) عند تغير التركيز الأولي من (20 mg/L) إلى (500 mg/L)، يفسر

هذا بأن زيادة تركيز الصبغة تسبب زيادة القوة الدافعة لنقل الجزيئات من المحلول إلى سطح المادة المازة

[58]، وعليه فالتركيز الأولي للصبغة له دور في قدرة الامتزاز.

**3.3.III دراسة حركية الامتزاز (Etude de la cinétique d'adsorption)**

لدراسة حركية امتزاز صبغة أزرق الميثيلين (MB) على الفحم المنشط نطبق نموذجي الرتبة الأولى

والثانية التي تعطى علاقتهما الخطية على التوالي كما يلي:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \quad \text{III.2}$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 \cdot q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad \text{III.3}$$

حيث:

$q_e$  : الكمية الممتزة على الفحم المنشط عند التوازن (mg/g).

$q_t$  : الكمية الممتزة على الفحم المنشط في اللحظة  $t$  (mg/g).

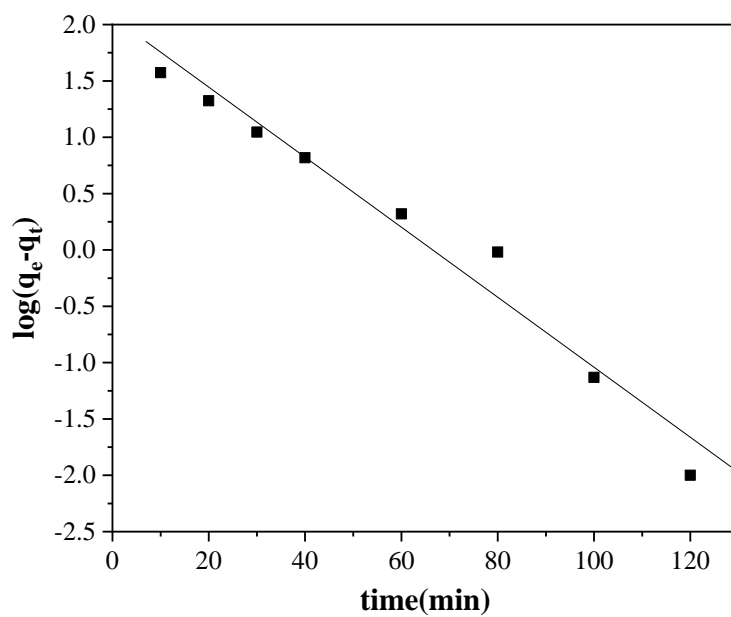
$k_1$  : ثابت السرعة للرتبة الأولى (min<sup>-1</sup>).

$k_2$  : ثابت السرعة للرتبة الثانية (g.mg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>) [59].

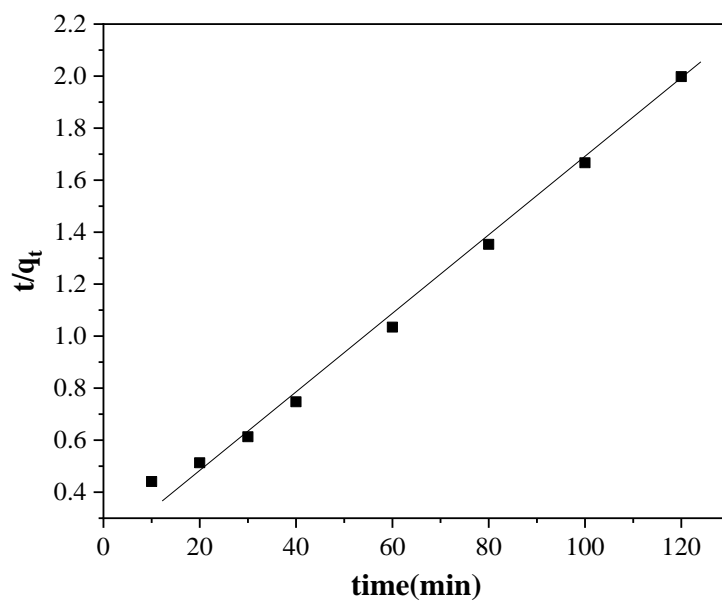
من خلال نتائج تأثير زمن التلامس والعلاقة الخطية لكل نموذج نرسم المنحنيات ثم نحسب المقادير

المطلوبة اعتمادا على قيم الميل والتقاطع مع المحور  $Y$ ، توضح الأشكال الموالية منحنيات النماذج الحركية

كما يبين الجدول 1.III نتائج حساب المقادير إضافة إلى قيم معامل الارتباط  $R^2$  لكل منحنى.



الشكل 5.III : منحني نموذج الرتبة الأولى بالنسبة لإمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط.



الشكل 6.III : منحني نموذج الرتبة الثانية بالنسبة لإمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط.

**الجدول 1.III :** نتائج الدراسة الحركية لامتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط.

النموذج	المقدار	القيم
	$q_{e, exp}$ (mg/g)	60.07
الرتبة الأولى (Pseudo premier ordre)	$q_{e, cal}$ (mg/g)	106.5
	$k_1$ (min <sup>-1</sup> )	0.071
	$R^2$	0.963
الرتبة الثانية (Pseudo deuxième ordre)	$q_{e, cal}$ (mg/g)	69.06
	$k_2$ (g/mg.min)	0.001
	$R^2$	<b>0.992</b>

بالنظر إلى نتائج الجدول 1.III نلاحظ أن قيمة معامل الارتباط  $R^2$  كانت قريبة جدا من الواحد بالنسبة لنموذج الرتبة الثانية عكس نموذج الرتبة الأولى أين كانت قيمة  $R^2$  منخفضة، من جهة أخرى قيمة الكمية الممتزة المحسوبة ( $q_{e, cal}$ ) في حالة نموذج الرتبة الثانية كانت اقرب من قيمة الكمية الممتزة العملية ( $q_{e, exp}$ ) مقارنة بالقيمة المحسوبة في حالة نموذج الرتبة الأولى، وعليه هذه النتائج تشير إلى تطابق النموذج الحركي للرتبة الثانية مع امتزاز صبغة ازرق الميثيلين على الفحم المنشط المحضر من وريقات السعف.

### 4.3.III دراسة ايزوتارم الامتزاز (Etude de l'isotherme d'adsorption)

لدراسة الايزوتارم نطبق نموذج لانجمير، فرنديشس وتيمكن. حيث تعطى العلاقة الخطية لكل نموذج

على التوالي كما يلي:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{C_e}{q_m} \quad 4.III$$

$$\log q_e = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad 5.III$$

$$q_e = B \ln A + B \ln C_e \quad 6.III$$

حيث:

$C_e$ : تركيز الصبغة في المحلول عند التوازن (mg/L).

$q_e$ : الكمية الممتزة عند التوازن (mg/g).

$q_m$ : السعة العظمى للامتزاز (mg/g).

$K_L$ : عبارة عن ثابت لانجمير متعلق بطاقة وقدرة الامتزاز (L/mg).

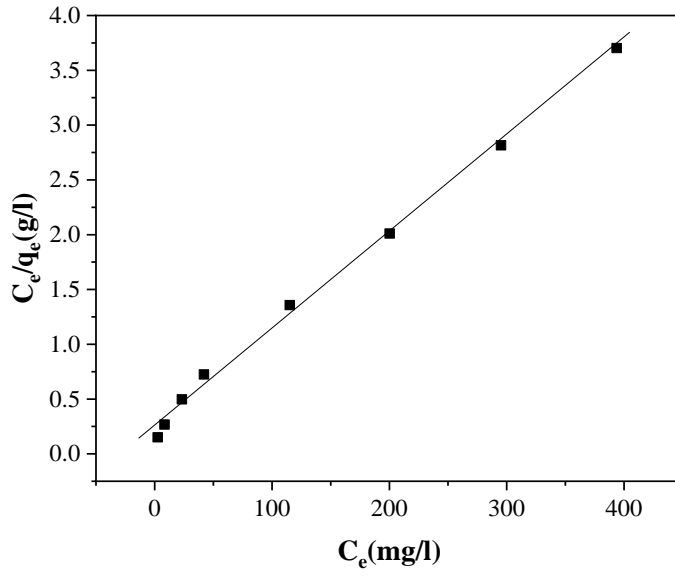
$K_F$ : عبارة عن ثابت فرنديش  $(mg/g)(L/mg)^{1/n}$ .

$1/n$ : يعبر عن شدة الامتزاز.

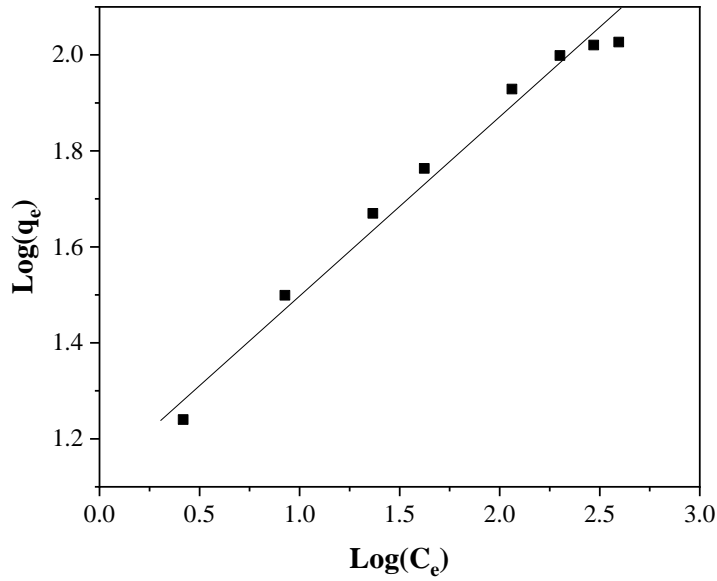
$A$ : ثابت ربط التوازن (L/g).

$B$ : ثابت تيمكن [62-60].

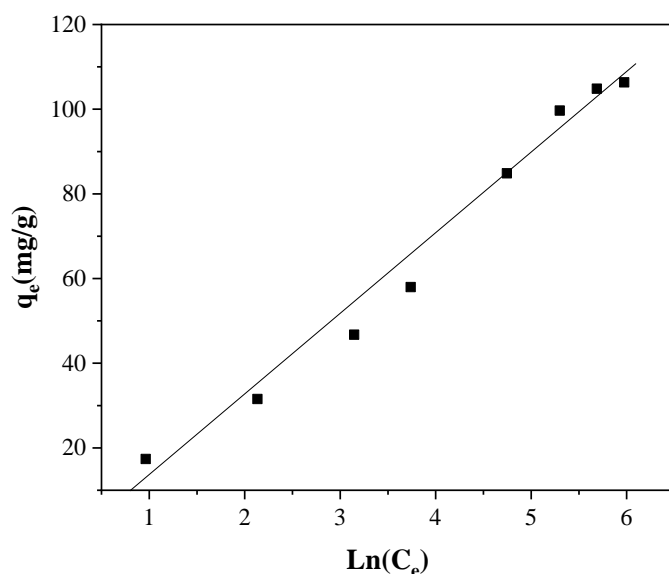
من خلال العلاقة الخطية لكل نموذج نرسم منحنيات الايزوتارم ثم نحسب المقادير المطلوبة اعتمادا على قيم الميل والنقاط مع المحور  $Y$ . توضح الأشكال الموالية منحنيات نماذج ايزوتارم الامتزاز كما يبين الجدول 2.III نتائج حساب المقادير إضافة إلى قيم معامل الارتباط  $R^2$  لكل منحنى.



الشكل 7.III : منحنى نموذج لانجمير بالنسبة لإمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط.



الشكل 8.III : منحنى نموذج فرنديش بالنسبة لإمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط.



الشكل 9.III : منحنى نموذج تيمكن بالنسبة لإمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط.

الجدول 2.III : نتائج دراسة ايزوتارم إمتزاز صبغة (MB) على الفحم المنشط.

القيم	المقدار	الايوتارم (Isotherme)
113.76	$q_m$ (mg/g)	لانجمير Langmuir
0.0347	$K_L$ (L/mg)	
<b>0.995</b>	$R^2$	
13.91	$K_F$ (mg/g(L/mg) <sup>1/n</sup> )	فرونديش Freundlich
2.754	n	
0.977	$R^2$	
19.31	B	تيمكن Temkin
0.666	A	
0.977	$R^2$	

بناءً على نتائج دراسة ايزوتارم الموضحة في الجدول 2.III ومن خلال قيم معامل الارتباط  $R^2$

لكل نموذج نلاحظ أن ايزوتارم لانجمير يبدي توافقاً كبيراً ( $R^2 = 0.995$ ) مقارنة بالنماذج الأخرى. أما السعة

العظمى للامتزاز ( $q_m$ ) حسب نموذج لانجمير فكانت (113.76 mg/g).

خاتمة

## خاتمة

تعتبر مخلفات نخيل التمر (السعف)، أحد البقايا الطبيعية وجزء من مجموعة المنتجات اللجنوسيليلوزية الوفيرة بشكل كبير في المناطق الصحراوية وغير المكلفة التي يمكن أن تتنافس مع المواد التقليدية.

يندرج هذا العمل ضمن استغلال البقايا النباتية (سعف نخيل التمر لمنطقة الوادي) وتحويلها إلى الكربون المنشط القادر على ازالة صبغة أزرق الميثيلين من محلول مائي.

قبل دراسة إمكانية القضاء على اللون، تم تشخيص المادة المازة المعالجة كيميائياً بواسطة التحليل الطيفي للأشعة تحت الحمراء (IR)، ويتم قياس المساحة السطحية للفحم المنشط بواسطة جهاز (Micromeritics, ASAP 2020)، بالإعتماد على نموذج BET كانت ( $202 \text{ m}^2/\text{g}$ ) حسب ظروف التحضير التالية:

✓ درجة حرارة ومدة الكربنة:  $500 \text{ }^\circ\text{C}$  لمدة 1 ساعة و9 دقائق.

✓ عامل التنشيط: حمض الفسفوريك  $\text{H}_3\text{PO}_4$  بتركيز ( $C = 14.74 \text{ M}$ ).

لدراسة امتزاز صبغة ازرق الميثيلين على الكربون المنشط المحضر من سعف النخيل اتبعنا عدة معايير فيزيائية وكيميائية مختلفة متمثلة في: (pH، زمن التلامس، التركيز الاولي، درجة الحرارة)، كما اجريت نمذجة لمتابعة عملية امتزاز ازرق الميثيلين لنماذج رياضية مختلفة (فرنديليتش، لانجمير، تيمكن، الرتبة الاولى الوهمية، الرتبة الثانية الوهمية)، اظهرت النتائج الرئيسية لهذه الدراسة مايلي:

✓ الرقم الهيدروجيني الطبيعي للصبغة ( $\text{pH} = 6.45$ ).

✓ يمكننا ان نرى من نتائج تأثير الزمن انه يتكون من مرحلتين مختلفتين، المرحلة الاولى سريعة،

بينما الثانية مستقرة، زمن التلامس الذي يحقق التوازن هو ( $60 \text{ min}$ ).

✓ تظهر النتائج التي تم الحصول عليها من تأثير التركيز الاولي ان نسبة الامتزاز تزداد بزيادة تركيز الصبغة.

✓ نمذجة ايزوتارم الامتزاز اظهرت ان نموذج لانجمير هو نموذج أفضل لوصف ايزوتارم امتزاز الكربون المنشط، في هذا النموذج يكون معامل الارتباط ( $R^2 = 0.995$ ).

✓ النمذجة الحركية للامتزاز اظهرت ان نموذج الرتبة الثانية هو الانسب لوصف حركية الامتزاز للكربون المنشط، في هذا النموذج يكون معامل الارتباط ( $R^2 = 0.992$ ).

وقد اظهرت نتائج اختبارات الامتزاز انه في ظل الظروف التجريبية ( $C_0 = 100 \text{ mg/l}$ ,  $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ ), تكون السعة العظمى للامتزاز ( $q_m$ ) حسب نموذج لانجمير . ( $113.76 \text{ mg/g}$ ).

وأخيرا اثبتت هذه التجارب كفاءة الكربون المنشط المحضر من سعف النخيل في ازالة صبغة ازرق الميثيلين من محلول مائي، وكأفاق مستقبلية نأمل مواصلة السير في هذا البحث واستغلال مخلفات النخيل بما يفيد في مجالات الحياة اليومية.

## قائمة المصادر والمراجع

## المراجع

## مراجع عربية

- [1] ع. مروة، ص. سهام، "دراسة ادمصاص صبغة أزرق الميثيلين باستعمال مخلفات نخيل التمر (قاعدة السعف)" مذكرة ماستر أكاديمي، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي، 2018.
- [2] ب. العطرة، ط. الزهرة، "تحضير و تشخيص مادة مازة انطلاقا من مخلفات النخيل (السعف) و تطبيقها في إزالة تلوث الماء بصبغة ازرق الميثيلين" مذكرة ماستر أكاديمي، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي، 2019.
- [3] ع. إبراهيم، "معالجة مياه الصرف الصحي لمنطقة تقرت بواسطة نباتات منقية محلية" أطروحة دكتوراه، كلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2015.
- [11] ع. الجروني، "دراسة مقارنة لتأثير حبوب لقاح نخيل التمر الذكري على صفات ثمار *Phoenix dactylifera L* بعض الأصناف الأنثوية" أطروحة دكتوراه، كلية علوم الطبيعة والحياة، جامعة الاخوة منتوري، قسنطينة، 2016.
- [12] ح. خالد. حسن. العكيدي، نخلة التمر علم و تقنية الزراعة و التصنيع. الفصل الاول. الاردن: دار زهران للنشر والتوزيع، 2000.
- [14] ب. بن. عمر، "انتخاب أشجار النخيل المذكرة بمحطة الضاوية (واد سوف، الجزائر) دراسة ميدانية ومخبرية" أطروحة دكتوراه، كلية العلوم، جامعة باجي مختار، عنابة، 2016.
- [15] م. قواميد، "المساهمة في دراسة تشخيص و تمييز مخلفات نخيل الغرس" أطروحة دكتوراه، كلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2015.
- [16] ح. حسن علي غالب، أطلس أصناف نخيل التمر *Phoenix dactylifera L*، الفصل الأول، الإمارات العربية المتحدة: مركز زايد للتراث والتاريخ، 2008.
- [17] ح. حسن علي غالب، التصنيف النباتي والوصف المورفولوجي والتركيب التشريحي لنخلة التمر *Phoenix dactylifera L*. الإمارات العربية المتحدة: إدارة الإرشاد والتسويق الزراعي والثروة الصناعية، 2003.
- [18] ش. ب. الساسي، "تقييم الفعالية المضادة للأكسدة و المضادة للبكتيريا للمركبات الفينولية لبعض أصناف التمور من منطقة وادي ريغ بطرق مختلفة" أطروحة دكتوراه، كلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2018.
- [19] س. بن عبد الكريم الفدا، ر. عبد الرحيم ابو عيانة، المنتجات الثانوية للنخيل (أنواعها و أهميتها الاقتصادية). الباب الثاني. السعودية: أوقاف صالح الراجحي، 2016.
- [20] ه. جاسم. محمد، "دراسة ومقارنة امتزاز الصبغتين الكونكو الأحمر والجنئين البنفسجية *Cong Red* و *Gentine violet* على سطح الصفصاف" مجلة القادسية للعلوم الصرفة (فصلية)، 1، ص 170-183، 2015.

- [21] ع. كمرشو، "استعمال كربون نشط محضر من مشتقات نخيل التمر (نواة ثمرة دقلة نور) في معالجة المياه المستعملة الحضرية. دراسة مقارنة" أطروحة دكتوراه، كلية الرياضيات وعلوم المادة، جامعة قاصدي مرباح، ورقلة، 2018.
- [27] ب. جواد كاظم، "دراسة خاصة امتزاز صبغة الاكردين البرتقالي والبسمارك البني على سطح الكربون المنشط" مجلة جامعة كربلاء العلمية، 9، 2011.
- [34] ع. ب. دخيل، ح. ف. محمد، و ل. ح. علوان، "تحضير فحم منشط كمادة مازة جديدة من مصادر نباتية طبيعية" مجلة تكريت للعلوم الصرفة، 22، ص 110-115، 2017.
- [51] ج. عطيه، "إزالة التلوث العضوي من مياه الصرف الصحي بمنطقة الوادي باستخدام المعادن الطينية"، أطروحة دكتوراه، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، 2018.

### مراجع أجنبية

- [4] 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.
- [5] I. Bouaziz, "Traitement de solutions organiques diluées par couplage adsorption-oxydation électrochimique," Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences de Sfax, Université Toulouse, 2014.
- [6] A. Khalfaoui, "Etude expérimentale de l'élimination de polluants organiques et inorganiques par adsorption sur des matériaux naturels : application aux peaux d'Orange et de Banane," Thèse de Doctorat, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université Mentouri, Constantine, 2012.
- [7] O. Belaid, "Utilisation d'un charbon active préparé à partir des noyaux de dattes locales dans l'épuration des eaux usées urbaines influence de la variété de dattes," Thèse de Doctorat, Faculté des sciences appliquées, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2017.
- [8] F. Mekhalif, "Réutilisation des eaux résiduaires industrielles épures comme eau d'appoint dans un circuit de refroidissement," Diplôme de Magister, Faculté des Sciences, Université du 20 Août 1955, Skikda, 2009.
- [9] M. A. A. Messaad, "Utilisation de l'électrocoagulation pour l'élimination de colorants des eaux usées de l'industrie textile ",Mémoire Master Académique, Faculté de technologie, Université Mohamed Boudiaf M'sila, 2016.
- [10] A. Bouteiba, "Elaboration des électrodes Pb/PbO<sub>2</sub> par anodisation, application dans l'oxydation électro catalytique du Cristal," Diplôme de Magister, Université des sciences et de la technologie, Mohamed Boudiaf, ORAN, 2014.

- [13] F. Gourchala, "Caractérisation physicochimique, phytochimique et biochimique de cinq variétés de dattes d'Algérie, Phoenix dactylifera L. (Deglet noor, Ghars, H'mira, Tamesrit et Tinissine) Effets de leur ingestion sur certains paramètres biologiques (Glycémie, profil lipidique, index glycémique et pression artérielle)," Thèse de Doctorat, Faculté des Sciences, Université Badji Mokhtar Annaba, 2015.
- [22] S. Arris, "Chebira, «Etude expérimentale de l'élimination des polluants organiques et inorganiques par adsorption sur des sous produits de céréales», " Thèse de Doctorat, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université de Mentouri, Constantine, 2008.
- [23] M. Bekkouche, "Synthèse, Caractérisation d'hydroxydes lamellaires type Cu-M (M = Al, Fe) et application dans le traitement de l'eau," Diplôme de Magister, Faculté de Chimie, Université des sciences et de la technologie d'ORAN Mohamed Boudiaf, 2014.
- [24] I. M. Trifi, "Étude de l'élimination du chrome) VI (par adsorption sur l'alumine activée par dialyse ionique croisée," Thèse de Doctorat, Université Paris-Est, 2012.
- [25] N. Ladjal, "Elaboration, caractérisation de charbons actifs fonctionnalisés et étude de leurs propriétés en adsorption de composés organiques," Diplôme de Magistère, Faculté des sciences, Université de M'sila, 2013.
- [26] A. Reffas, "Étude de l'adsorption de colorants organiques (rouge nylosan et bleu de méthylène) sur des charbons actifs préparés à partir du marc de café," Thèse de Doctorat, Faculté des sciences de l'ingénieur, Université MENTOURI, CONSTANTINE, 2010.
- [28] R. Cherraye, "Préparation par voie chimique d'un charbon actif à partir des déchets de café (Effet de taux d'adjuvant)," Mémoire Master Académie, Faculté des Sciences et de la Technologie et Sciences de la Matière, Université KASDI MERBAH, OUARGLA, 2012.
- [29] P. Pascaud, "Apatites nanocristallines biomimétiques comme modèles de la réactivité osseuse: étude des propriétés d'adsorption et de l'activité cellulaire d'un bisphosphonate, le tiludronate," Thèse de doctorat, Spécialité des Sciences et Génie des Matériaux, Université de Toulouse, 2012.
- [30] S. B. Z. Smahi, "Essais de valorisation d'un déchet cellulosique: tiges de chardons dans l'élimination d'un colorant basique à partir de solutions aqueuses synthétiques " Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université ABOU-BEKR BELKAÏD, TLEMCEN, 2017.
- [31] J. Romero-Gonzalez, J. Peralta-Videa, E. Rodriguez, M. Delgado, and J. Gardea-Torresdey, "Potential of Agave lechuguilla biomass for Cr (III) removal from aqueous

- solutions: Thermodynamic studies," *Bioresource technology*, vol. 97, pp. 178-182, 2006.
- [32] E. El-Shafey, S. N. Ali, S. Al-Busafi, and H. A. Al-Lawati, "Preparation and characterization of surface functionalized activated carbons from date palm leaflets and application for methylene blue removal," *Journal of environmental chemical engineering*, vol. 4, pp. 2713-2724, 2016.
- [33] K. M. Doke and E. M. Khan, "Equilibrium, kinetic and diffusion mechanism of Cr (VI) adsorption onto activated carbon derived from wood apple shell," *Arabian journal of chemistry*, vol. 10, pp. S252-S260, 2017.
- [35] N. J. Krou, "Etude expérimentale et modélisation d'un procédé séquentiel AD-OX d'élimination de polluants organiques," Thèse de Doctorat, l'Institut National Polytechnique, Université de Toulouse, 2010.
- [36] S. F. Jabbar, "Preparation of activated carbon by chemical activation using Z. Spina-Christi fruits nuclei as raw material," *University of Thi-Qar Journal of Science*, vol. 4, pp. 97-100, 2014.
- [37] N. Spains, "Etude comparative de l'activation chimique d'un composé ligno cellulosique local (noyaux d'olives) par le chlorure de zinc et l'hydroxyde de potassium," Diplôme de Magistère, U.S.T.H.B, Alger, 1997.
- [38] C. M. Creanga, "Procédé AD-OX d'élimination de polluants organiques non biodégradables (par adsorption puis oxydation catalytique)," Thèse de Doctorat, Spécialité de Génie des Procédés et de l'Environnement, Université de Toulouse, 2007.
- [39] M. Ziati, "Adsorption et électrosorption de l'arsenic (III) sur charbon à base de noyaux de dattes activés thermiquement et chimiquement," Thèse de Doctorat, Faculté des sciences, Université Badji Mokhtar, Annaba, 2012.
- [40] S. M. Manocha, "Porous carbons," Thèse de Doctorat, Faculté de science des matériaux, Université Sardar Patel, India, 2003.
- [41] D. Bamba, B. Dongui, A. Trokourey, G. E. Zoro, G. P. Athéba, D. Robert, et al., "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*, vol. 28, pp. 41-52, 2009.
- [42] Y. Kan, Q. Yue, D. Li, Y. Wu, and B. Gao, "Preparation and characterization of activated carbons from waste tea by H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> activation in different atmospheres for oxytetracycline removal," *Shandong Provincial Key Laboratory of Water Pollution Control and Resource Reuse, School of Environmental Science and Engineering, Shandong University, China*, 2016.

- 
- [43] M. Shamsuddin, N. Yusoff, and M. Sulaiman, "Synthesis and characterization of activated carbon produced from kenaf core fiber using  $H_3PO_4$  activation," Faculty of Earth Science, University Malaysia Kelantan, 17600 Jeli, Kelantan, Malaysia, *Procedia Chemistry* 558 – 565, 2016.
- [44] M. Calero, A. Pérez, G. Blázquez, A. Ronda, and M. A. Martín-Lara, "Characterization of chemically modified biosorbents from olive tree pruning for the biosorption of lead," *Ecological engineering*, vol. 58, pp. 344-354, 2013.
- [45] I. Aboudi, H. Annab, A. Mdarhri, M. Amjoud, and L. Servant, "Activated carbon synthesis using Moroccan dates stones as precursor and application for wastewater treatment," *JMES*, vol. 8, pp. 1483-1491, 2017.
- [46] J. Chen, L. Zhang, G. Yang, Q. Wang, R. Li, and L. A. Lucia, "Preparation and characterization of activated carbon from hydrochar by phosphoric acid activation and its adsorption performance in prehydrolysis liquor," *BioResources*, vol. 12, pp. 5928-5941, 2017.
- [47] A. A. Basaleh and M. H. Al-Malack, "Utilization of municipal organic solid waste for production of activated carbon in Saudi Arabia," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 43, pp. 3585-3599, 2018.
- [48] G. Müller, C. Schöpfer, H. Vos, A. Kharazipour, and A. Polle, "FTIR-ATR spectroscopic analyses of changes in wood properties during particle-and fibreboard production of hard-and softwood trees," *BioResources*, vol. 4, pp. 49-71, 2009.
- [49] H. Demiral and C. Güngör, "Adsorption of copper (II) from aqueous solutions on activated carbon prepared from grape bagasse," *Journal of cleaner production*, vol. 124, pp. 103-113, 2016.
- [50] T. Mahmood, R. Ali, A. Naem, M. Hamayun, and M. Aslam, "Potential of used *Camellia sinensis* leaves as precursor for activated carbon preparation by chemical activation with  $H_3PO_4$ ; optimization using response surface methodology," *Process Safety and Environmental Protection*, vol. 109, pp. 548-563, 2017.
- [51] S. Yakout and G. S. El-Deen, "Characterization of activated carbon prepared by phosphoric acid activation of olive stones," *Arabian journal of chemistry*, vol. 9, pp. S1155-S1162, 2016.
- [52] M. J. P. Brito, C. M. Veloso, R. C. F. Bonomo, R. d. C. I. Fontan, L. S. Santos, and K. A. Monteiro, "Activated carbons preparation from yellow mombin fruit stones for lipase immobilization," *Fuel Processing Technology*, vol. 156, pp. 421-428, 2017.
-

- 
- [53] S. NOUACER, "Application des tiges de dattes dans l'adsorption de métaux toxiques de l'eau," Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar, Annaba, 2015.
- [55] T. M. Elmorsi, "Equilibrium isotherms and kinetic studies of removal of methylene blue dye by adsorption onto miswak leaves as a natural adsorbent," *Journal of Environmental Protection*, vol. 2, p. 817, 2011.
- [56] A. Miclescu and L. Wiklund, "Methylene blue, an old drug with new indications," *J Rom Anest Terap Int*, vol. 17, pp. 35-41, 2010.
- [57] M. Gouamid, M. Ouahrani, and M. Bensaci, "Adsorption equilibrium, kinetics and thermodynamics of methylene blue from aqueous solutions using date palm leaves," *Energy procedia*, vol. 36, pp. 898-907, 2013.
- [58] G. Özsin, M. Kılıç, E. Apaydın-Varol, and A. E. Pütün, "Chemically activated carbon production from agricultural waste of chickpea and its application for heavy metal adsorption: equilibrium, kinetic, and thermodynamic studies," *Applied Water Science*, vol. 9, p. 56, 2019.
- [59] E. Cochrane, S. Lu, S. Gibb, and I. Villaescusa, "A comparison of low-cost biosorbents and commercial sorbents for the removal of copper from aqueous media," *Journal of hazardous materials*, vol. 137, pp. 198-206, 2006.
- [60] A. M. Aljeboree, A. N. Alshirifi, and A. F. Alkaim, "Kinetics and equilibrium study for the adsorption of textile dyes on coconut shell activated carbon," *Arabian journal of chemistry*, vol. 10, pp. S3381-S3393, 2017.
- [61] H. Setiabudi, R. Jusoh, S. Suhaimi, and S. Masrur, "Adsorption of methylene blue onto oil palm (*Elaeis guineensis*) leaves: process optimization, isotherm, kinetics and thermodynamic studies," *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 63, pp. 363-370, 2016.
- [62] O. Üner, Ü. Geçgel, and Y. Bayrak, "Adsorption of methylene blue by an efficient activated carbon prepared from *Citrullus lanatus* rind: kinetic, isotherm, thermodynamic, and mechanism analysis," *Water, Air, & Soil Pollution*, vol. 227, p. 247, 2016.

الملاحق

I. الملحق A: صور بعض الأجهزة المستعملة في العمل المخبري

فرن كهربائي



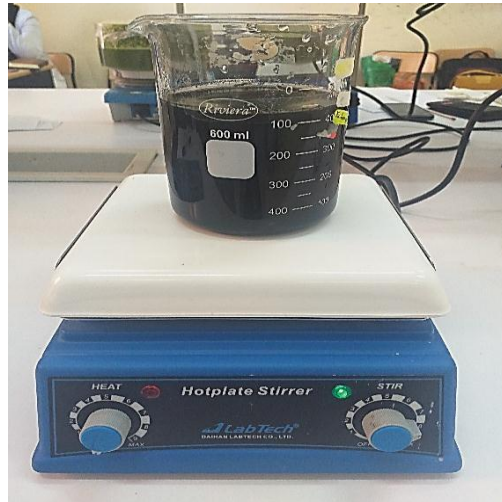
جهاز الأشعة تحت الحمراء (IR)



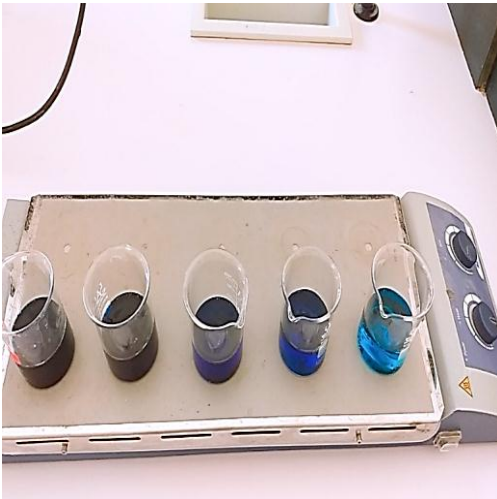
جهاز الـ pH meter



جهاز الرج المغناطيسي



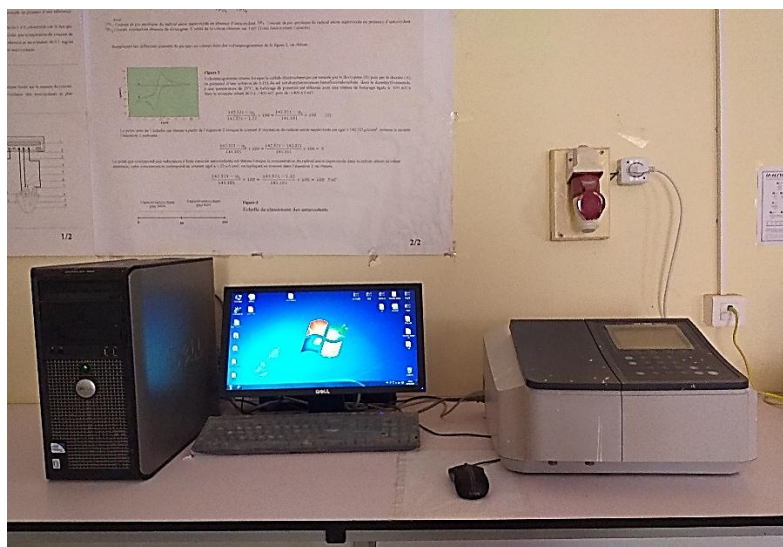
جهاز الرج المغناطيسي متعدّد المناصب



جهاز الطرد المركزي



جهاز مطيافية الاشعة فوق البنفسجية (UV-Visible spectrophotometer (SHIMADZU 1800))



**II. الملحق B: المعطيات التجريبية لتأثير زمن التلامس والتركيز الأولي لامتزاز صبغة أزرق الميثيلين من محلول مائي بواسطة الفحم المنشط**

**جدول 1.II : تأثير زمن التلامس.**

t	10	20	30	40	60	80	100	120
C <sub>e</sub>	77.31	61.01	51.04	46.5	42.01	40.877	39.994	39.93
q <sub>e</sub>	22.69	38.99	48.96	53.5	57.99	59.123	60.006	60.07

**جدول 2.II : تأثير التركيز الأولي.**

C <sub>0</sub>	20	40	70	100	200	300	400	500
C <sub>e</sub>	2.62	8.45	23.25	42.01	115.14	200.33	295.17	393.68
q <sub>e</sub>	17.38	31.55	46.75	57.99	84.86	99.67	104.83	106.32

## المخلص

### ملخص

تضمنت الدراسة الحالية تحضير وتشخيص فحم منشط من سعف النخيل، اشارت تقنيات التشخيص المختلفة مثل التحليل الطيفي بالاشعة تحت الحمراء (FT-IR) والمجهر الالكتروني الماسح (SEM)، إلى أن الفحم المنشط المحضر يحتوي على العديد من المجموعات الوظيفية السطحية، ووجود مسامات على السطح.

بالإضافة إلى دراسة قدرة امتزاز الفحم المحضر على صبغة أزرق الميثيلين من محلول مائي، كانت المساحة السطحية النوعية ( $202 \text{ m}^2/\text{g}$ )، مما يمنح القدرة العالية والجيدة للفحم المنشط على الامتزاز، وكانت نتائج إيزوتارم الامتزاز مطابقة لنموذج لانجمير مع كمية إمتزاز عظمى ( $113.76 \text{ mg/g}$ ).

الكلمات المفتاحية: السعف، تلوث المياه، فحم منشط، امتزاز، أزرق الميثيلين.

### Abstract

Present work included the preparation and diagnosis of activated charcoal from palm leaves. Various diagnostic techniques such as infrared spectroscopy (FT-IR) and scanning electron microscopy (SEM) have indicated that the prepared activated carbon contains many surface functional groups and the presence of pores on the surface.

In addition to study of adsorption ability of the prepared carbon to methylene blue dye from aqueous solution, the specific surface area was ( $202 \text{ m}^2/\text{g}$ ), which gives the high and good adsorption ability of the activated carbon on adsorption, results of the adsorption isotherm were identical to the Langmuir model with maximum amount of adsorption ( $113.76 \text{ mg/g}$ ).

**Keywords: fronds, water pollution, activated carbon, adsorption, methylene blue.**