



رقم الترتيب: .....

رقم التسلسل: ....

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
جامعة الشهيد حمه لخضر-الوادي

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا

مذكرة مقدمة لنيل شهادة ماستر أكاديمي في

علوم الطبيعة والحياة

القسم: بيولوجيا

التخصص: التنوع الحيوي و فيزيولوجيا النبات

بعنوان

دراسة و نمذجة معالجة المياه الملوثة باستعمال كتلة حيوية محلية منخفضة  
التكلفة (قشور بذور المورينغا) على نمو و إنبات بادرات القمح الصلب . *Triticum*  
*durum Desf.*

من إعداد الطالبات:

جبالي إيمان – زلاسي خولة – بحير صبرين – بوطيب كريمة

نوقشت بتاريخ : 2022/06/

اللجنة

رئيسا	جامعة الوادي	أستاذ محاضر صنف (ب)	عثماني هاجر
مناقشا	جامعة الوادي	أستاذ مساعد صنف (ب)	غريب أمنة
مؤطرا	جامعة الوادي	أستاذ محاضر صنف (أ)	د. العربي حداد
مؤطرا مساعدا	جامعة الوادي	أستاذ محاضر صنف (أ)	عسيلة اسماعيل

الموسم الجامعي: 2022/2021



## ملخص

هدفنا في هذه الدراسة هو استغلال وتثمين مورد طبيعي في معالجة وتنقية المياه الملوثة حيث تم استغلال قشور بذور المورينغا المأخوذة من منطقة مليلي بولاية بسكرة. تم دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية لـ MH باستخدام التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء لتحويل فورييه (FTIR)، المسح المجهر الإلكتروني (SEM) ونقطة الشحنة الصفرية ( $pH_{pzc}$ ). أظهرت نتائج تجارب الامتزاز على صبغة أزرق الميثيلين أن هذه المادة الحيوية لها فعالية عالية في إزالة الملوثات العضوية وذلك من خلال دراسة نماذج متساوي الحرارة حيث تبين أن صبغة أزرق الميثيلين تتبع نموذج \*\*\*\* بمعامل إنحدار \*\*\*\*. بينت الدراسة الحركية أن الامتزاز يتلاءم مع النموذج من الرتبة \*\*\*\*\* بمعامل انحدار \*\*\*\*.

بهدف دراسة تأثير MB على إنبات ونمو بادرات القمح الصلب صنف VITRON تم إنبات البذور مخبريا في أطباق بتري معقمة، وتم معاملتها بتركيزين من MB \*\*\* ملغ/ل (المعالج) و \*\* ملغ/ل (الملوث) مع المعالجة بالشاهد وتم ذلك في ظروف الظلام ودرجة الحرارة  $25 \pm 1$  م.

أكدت النتائج المتحصل عليها في تجارب الإنبات التأثير الواضح لسمية صبغة أزرق الميثيلين على المعايير المدروسة وهي \*\*، \*\*، \*\*، \*\*، \*\*.

الكلمات المفتاحية: ..\*\*\*\*\*

## Résumé

Notre objectif dans cette étude est d'exploiter et de valoriser une ressource naturelle dans le traitement et l'épuration des eaux polluées, à l'aide des cosse de graines de Moringa comme matériau biosorbant. Les propriétés physiques et chimiques de MH ont été étudiées à l'aide de la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), de la microscopie électronique à balayage (SEM) et du point zéro de charge (pHpzc). Les résultats des expériences d'adsorption sur le colorant bleu de méthylène ont montré que ce matériau biologique a une grande efficacité dans l'élimination des polluants organiques grâce à l'étude de modèles isothermes, où il a été constaté que le colorant bleu de méthylène suit le modèle de \*\*\*\*\* avec des coefficients de régression \*\*\*\*\*

Afin d'étudier l'effet du MB sur la germination et la croissance des plantules de blé dur variété Vitron, les graines ont été mises à germer en laboratoire dans des boîtes de Pétri stériles, et elles ont été traitées avec deux concentrations de MB \*\*\*mg/l (traité) et \*\*\* mg/l (pollué) avec le traitement du témoin et ceci a été fait dans des conditions sombres et à une température de  $25^{\circ}\text{C} \pm 1$ .

Les résultats obtenus dans les expériences de germination ont confirmé l'effet évident de la toxicité du colorant bleu de méthylène sur \*\*\*\*\*

**Mots clés :** \*\*\*\*\*





# فهرس المحتويات

## فهرس المحتويات

.....	ملخص
i.....	فهرس المحتويات
iv.....	قائمة الأشكال
ivii.....	قائمة الجداول
xi.....	قائمة الرموز
x.....	الاختصارات
1.....	مقدمة عامة

### الجزء النظري

#### الفصل الأول: دراسات سابقة

4.....	1. مقدمة:
4.....	2. أنواع التلوث:
4.....	1.2. التلوث البترولي:
5.....	2.2. تلوث مياه الصرف الصحي:
5.....	3. أهم الملوثات :
5.....	1.3. الأصباغ:
7.....	1.1.3 الميثيلين الأزرق:
7.....	2.1.3 الكونغو الأحمر:
9.....	2.3. المعادن الثقيلة:
9.....	4. الامتزاز الحيوي:
9.....	1.4. أساسيات الامتزاز الحيوي:
10.....	2.4. إستراتيجية الامتزاز الحيوي:
10.....	3.4. معايير اختيار المواد المازة:
11.....	4.4. قدرة وآلية الامتزاز الحيوي:
14.....	4.5. الأفاق المستقبلية:
15.....	5. دراسة إحصائية:

15	6. عرض دراسات سابقة:
18	نبذة تاريخية:

## الفصل الثاني: بيولوجيا نبات القمح

18	1. تعريف القمح:
18	2. الأصل الجغرافي لنبات القمح:
18	3. تصنيف القمح:
18	1.3. التصنيف الوراثي للقمح الصلب:
19	2.3. التصنيف العلمي لنبات القمح الصلب durum Triticum:
19	3.3. تصنيف الأقماع حسب مواسم الزرع:
20	1.3.3. الإقماع الشتوية Les blés d'hiver:
20	2.3.3. الأقماع الربيعية Les blés de printemps:
20	3.3.3. الأقماع الاختيارية Les alternatives blés:
20	4.3. التصنيف حسب كمية البروتين:
20	4. دورة حياة نبات القمح:
20	1.4. الطور الخضري (الإعاشي):
20	1.1.4. مرحلة الإنبات:
21	2.1.4. مرحلة بداية الإشطاء:
22	3.1.4. مرحلة بداية الصعود:
22	2.4. الطور التكاثري:
22	1.2.4. مرحلة الصعود والانتفاخ:
22	2.2.4. مرحلة الإسبال والإزهار:
23	3.4. طور النضج وتكوين الحبة:
24	5. الوصف المورفولوجي لنبات القمح:
24	1.5. الجذر:
24	2.5. الساق:
24	3.5. الأوراق:
25	4.5. النورة:
25	5.5. الحبوب:

25	6. التركيب النسيجي والكيميائي لحبة القمح:
25	1.6. التركيب النسيجي لحبة القمح:
26	2.6. التركيب الكيميائي لحبة القمح:
27	7. بعض العوامل البيئية المؤثرة على دورة حياة نبات القمح:
27	1.7. الحرارة:
27	2.7. الإضاءة:
27	3.7. الرطوبة:

### الفصل الثالث: عموميات حول الإمتزاز

28	1. مقدمة:
28	2. تعريف الامتزاز:
29	3. أنواع الامتزاز:
29	1.3. الامتزاز الفيزيائي:
29	2.3. الامتزاز الكيميائي:
30	4. مقارنة بين الامتزاز الفيزيائي والامتزاز الكيميائي:
31	5. العوامل المؤثرة في الامتزاز:
31	1.5. طبيعة ومساحة السطح الماز:
31	2.5. طبيعة المادة الممتزة:
31	3.5. درجة الحرارة:
31	4.5. تركيز المادة الممتزة:
32	5.5. درجة الحموضة pH:
32	6.5. سرعة الرج:
32	6. آلية الامتزاز:
32	1.6. قوى فاندر فالس:
32	2.6. قوى كولوم:
32	3.6. الروابط الهيدروجينية:
33	7. إيزوتارم الامتزاز:
33	1.7. نموذج فريندليش:
35	2.7. نموذج لونجمير:

- 35 ..... 3.7. نموذج تيمكين Temkin:
- 36 ..... 8. حركية الامتزاز:
- 36 ..... 1.8. نموذج شبه الدرجة الأولى:
- 36 ..... 2.8. نموذج شبه الدرجة الثانية:
- 37 ..... 3.8. نموذج انتشار داخل الجسيمات Intra-particle Diffusion:
- 37 ..... 9. تطبيقات الامتزاز:

## الجزء التطبيقي

### الفصل الرابع: الخطة التجريبية

- 5 ..... 1. معلومات حول نبات المورينغا:
- 5 ..... 2. وصف منطقة الدراسة:
- 5 ..... 1.2. الموقع الجغرافي لمكان أخذ العينة:
- 6 ..... 2.2. مكان أخذ العينة:
- 7 ..... 3. تحضير ودراسة خصائص الكتلة الحيوية (قشور بذور المورينغا):
- 7 ..... 1.3. تحضير الكتلة الحيوية:
- 7 ..... 2.3. دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية للكتلة الحيوية:
- 7 ..... 1.2.3. مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه FTIR:
- 8 ..... 2.2.3. المسح بالمجهر الإلكتروني SEM:
- 8 ..... 4. الصبغة المدروسة للإمتزاز (صبغة أزرق الميثيلين):
- 8 ..... 1-4. تعريف الصبغة وبنيتها:
- 9 ..... 2-4. الخصائص الفيزيائية والكيميائية:
- 9 ..... 3.4. تحضير محلول المعايرة (calibration):
- 11 ..... 5. تجارب الامتزاز:
6. البروتوكول التجريبي للإنبات: خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.

### الفصل الخامس: مناقشة النتائج

- 48 ..... 1. دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية للكتلة الحيوية:
- 48 ..... 1.1. الأشعة تحت الحمراء FTIR:

49	2.1 تقنية المسح بالمجهر الإلكتروني SEM/EDAX:.....
50	3.1 تحديد قيمة pH <sub>Z</sub> للكتلة الحيوية:.....
51	2. دراسة تحسين شروط الامتزاز:.....
51	1.2 تأثير الكتلة:.....
52	2.2 تأثير درجة الحموضة:.....
53	3.2 تأثير الزمن:.....
53	3. نمذجة متساوي الحرارة:.....
55	4. النمذجة الحركية:.....
55	1.4 الدراسة الحركية من الرتبة شبه الاولى والرتبة شبه الثانية:.....
55	2.4 تأثير زمن الانتقال والتركيز الابتدائي على الامتزاز:.....
56	3.4 نموذج الانتشار داخل الجسيمات:.....
56	5. الدراسة الحرارية:.....
57	6. تجارب الانبات:.....
57	I. النتائج:.....
59	I. المناقشة:.....

## الملحقات

- الملحق 1. جداول تحليل التباين Anova لمعايير الأنبات ..... خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
- الملحق 2. النسبة المئوية للإنبات (GP%)..... خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
- الملحق 3. طول الجذير\_ طول السويقة\_ طول البادرة\_ جذير/سويقة..... خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
- الملحق 4. وزن الجذير - وزن السويقة - وزن البادرة - ما تبقى من البذرة -جذير/سويقة (وزن). خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
- الملحق 5. مؤشر قوة البذور (SVI(L) /: مؤشر قوة البذور (SVI(DW). خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.
- الملحق 6. المدخرات البذرية المستهلكة (RSR) / نسبة معدل استنفاد المدخرات البذرية (SRRR) / نسبة حركية المدخرات البذرية (RMRS)..... خطأ! الإشارة المرجعية غير معرّفة.





# قائمة الأشكال

## الفصل الاول

الشكل 01. آليات المشاركة في عملية الامتزاز الحيوي.....14

الشكل 02. دراسة إحصائية من 1999 إلى 2023.....15

## الفصل الثاني

الشكل 01. مرحلة الانبات في الطور الخضري لنبات القمح.....21

الشكل 02. رسم توضيحي لمرحلة التجذير والاشضاء.....22

الشكل 03. رسم توضيحي لأطوار نمو القمح.....23

الشكل 04. طور النضج وتكون الحبة.....24

الشكل 05. التكوين النسيجي لحبة القمح.....26

## الفصل الثالث

الشكل 01. مخطط الامتزاز الفيزيائي.....29

الشكل 02. مخطط الامتزاز الكيميائي.....30

الشكل 03. منحى لنموذج فريندليش الكمية الممتزة بدلالة التركيز عند الإتزان.....34

الشكل 04. التمثيل الخطي لمعادلة فريندليش.....35

## الفصل الرابع

الشكل 01. صور لنبات المورينغا (1\*أزهار/2\*أوراق/3\*بذور/4\*ثمار).....5

الشكل 02. الموقع الجغرافي لولاية بسكرة.....6

الشكل 03. الموقع الجغرافي لمكان أخذ العينة.....6

الشكل 04. أ/ البذرة ، ب/ القشور ، ج/ الكتلة الحيوية.....7

الشكل 05. التركيب الكيميائي لصبغة أزرق الميثيلين.....9

الشكل 06. صورة تعبيرية للمحلول الأم تركيزه 50 مغ/ل.....10

الشكل 07. منحى طول الموجة الأعظمي لأزرق الميثيلين.....11

## الفصل الخامس

- الشكل 01. أطياف FTIR ل (MH) قبل الامتزاز و (MH+MB) بعد الامتزاز ..... 48
- الشكل 02. صور SEM لـ (أ) MH ، و (ب) MH بعد امتزاز صبغة MB ..... 50
- الشكل 03. منحنى دراسة شحنة الكتلة الحيوية ..... 51
- الشكل 04. تأثير الكتلة على قدرة امتزاز أزرق الميثيلين بواسطة الكتلة الحيوية ..... 51
- الشكل 05. أعمدة بيانية لتغيرات تأثير درجة حموضة الوسط على مردود إزالة صبغة أزرق الميثيلين. 52
- الشكل 06. منحنى تأثير تركيز MB الأولي ووقت الاتصال على امتزاز MB على MH ..... 53
- الشكل 07. مخططات متساوي الحرارة لونجمير وفروندليتش لإمتزاز صبغة MB على MH ..... 54
- الشكل 08. منحنيات النموذج الحركي للرتبة شبه الاولى والرتبة شبه الثانية ..... 55
- الشكل 09. تأثير زمن الانتقال والتركيز الابتدائي على الامتزاز ..... 55
- الشكل 10. مخططات الانتشار داخل الجسيمات لامتزاز MB على MH ..... 56
- الشكل 11. منحنى تغيرات  $\ln k_d$  بدلالة  $T/1$  لحساب الدوال الترموديناميكية لإمتزاز MB على MH. 56



# قائمة اجداد

## الفصل الأول

الجدول 01. أصناف مختلفة من الأصباغ وآثارها الصحية الخطيرة ..... 8

## الفصل الثاني

الجدول 01. تصنيف نبات القمح الصلب ..... 19

الجدول 02. المحتوى الكيميائي لحبة القمح ..... 26

## الفصل الثالث

الجدول 01. نقاط الاختلاف بين الامتزاز الفيزيائي والامتزاز الكيميائي ..... 30

## الفصل الرابع

الجدول 01. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأزرق الميثيلين ..... 9

الجدول 02. المحاليل والأدوات والأجهزة المستعملة ..... خطأ! الإشارة المرجعية غير معرفة.

## الفصل الخامس

الجدول 01. تفسير FTIR لمستخلص MH ..... 48

الجدول 02. تفسير FTIR لمستخلص MH+MB ..... 49

الجدول 03. قيم التراكيز الذرية والكتلية للعناصر الكيميائية في الكتلة الحيوية ..... 50

الجدول 04. معلمات نماذج لونجمير وفرونديلتش وعامل الفصل لامتزاز MB على MH ..... 54

الجدول 05. معلمات النموذج الحركي للرتبة شبه الاولى والرتبة شبه الثانية ..... 55

الجدول 06. قيم الدوال الترموديناميكية لامتزاز MB على MH ..... 56

الجدول 07. الوزن الجاف لسويقة، الوزن الجاف للجذير، الوزن الجاف الكلي للبادرة، النسبة

للجذير/السويقة لدى بادرات القمح ..... 58

الجدول 08. طول السويقة (SHL)، طول الجذير (RTL)، الطول الكلي للبادرة (TSL) أيضا النسبة

جذير / سويقة (RTL/SHL) ..... 59

الجدول 09. وزن المدخرات البذرية المستهلكة (RSR)، نسبة معدل استنفاد المدخرات البذرية

(SRRR) ونسبة حركية المدخرات البذرية (RMRS) ..... 59




# قائمة الرموز

الرمز	المطلوب	الوحدة
Abs	الامتصاصية	/
B	ثابت تيمكن المرتبط بحرارة الامتزاز	(جول/ملغ)
C	التركيز	(مول/ل)
C <sub>0</sub>	التركيز الابتدائي للمادة المازة	(ملغ/غ)
Ce	تركيز المادة الممتزة عند التوازن	(ملغ/غ)
CR	أحمر الكونغو	/
I <sub>0</sub>	شدة الحزمة الضوئية الصادرة	/
I	شدة الحزمة الضوئية أحادي الطول الموجي	/
K <sub>1</sub>	ثابت سرعة النظام الحركي الزائف من الدرجة الأولى	(1/دقيقة)
K <sub>2</sub>	ثابت سرعة الامتزاز من الدرجة شبه الثانية	(ملغ/غ.دقيقة)
K <sub>3</sub>	ثابت سرعة إنتشار الجسيمات	(ملغ/غ.دقيقة)
K <sub>d</sub>	ثابت الإنتشار داخل الجزيئات	(1/دقيقة)
K <sub>L</sub>	ثابت لونجمير	(ل/ملغ)
K <sub>F</sub>	ثابت فروندليش	(ملغ/ل.غ)
L	سمك الخلية	(سم)
M	كتلة المادة المازة	(ملغ)
MB	أزرق الميثيلين	/
MH	قشور بذور المورينغا (الكتلة الحيوية)	/
N	ثابت تجريبي	/
PSO	نموذج الرتبة شبه الثانية	/
PFO	نموذج الرتبة شبه الأولى	/
q <sub>e</sub>	الكمية الممتزة عند التوازن	(ملغ/غ)
q <sub>m</sub>	الكمية الممتزة الأعظمية	(ملغ/غ)
q <sub>t</sub>	الكمية الممتزة عند الزمن t	(ملغ/غ)
R	ثابت الغازات المثالية	(جول/مول.كلفن)
T	الزمن	(الثانية)
T	درجة الحرارة	(كلفن)
Uv-visible	مطيافية الأشعة فوق البنفسجية المرئية	/
V	الحجم	(مل)
β	ثابت تيمكن	/
λ <sub>max</sub>	الطول الموجي الأعظمي	(نانومتر)
ΔG	الطاقة الحرة	(جول/مول)
ΔH	الانتالبي	(جول/مول)
ΔS	الأنتروبي	(جول/مول.كلفن)
ε	معامل الامتصاصية الجزيئية	(ل/مول.سم)
W	الكتلة الجافة للممتز	(ملغ)

# الإختصارات



الإختصار	المطلول	الترجمة
ANOVA	Analysis of variance	تحليل التباين
FTIR	Fourier Tranform InfraRed spectroscopy	الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه
SEM	Scaning Electron Microscoy	المسح المجهرى الإلكتروني
/	Langmuir Isotherm	إيزوتارم لونجمير
/	Freundlich Isotherm	إيزوتارم فرندليش
WHO	World Health Oraganization	منظمة الصحة العالمية



# مقدمة عامة

الماء هو أعظم هدية للطبيعة لأنه مهم للغاية لوجود العديد من الكائنات الحية على كوكبنا [1]. نظرًا لأنه أحد الموارد الطبيعية القليلة، فإن الحفاظ على جودته هو مطلب عالمي يتزايد بسرعة، لسوء الحظ حدثت العديد من الأزمات والصراعات والمعارك على إمدادات المياه المحدودة في القرن الجديد.

علاوة على ذلك، ترتبط العديد من ملوثات المياه بالعديد من الأنشطة البشرية التي يتم تصريفها في المسطحات المائية في نفس الوقت، مما يؤدي إلى انخفاض كبير في مواصفات المياه [2].

تنقسم الأصباغ إلى ثلاث فئات بناءً على سلوك التفكك في المحاليل المائية:

(أ) أيوني (الأصباغ الحمضية والمتفاعلة والمباشرة) ذات الشحنة السالبة بسبب المجموعة SO<sub>3</sub>.

(ب) الموجبة (الأصباغ الأساسية) بشحنة موجبة بسبب مجموعة الأمين البروتونية.

(ج) غير أيوني (الأصباغ المشتتة) [3].

تحتوي أصباغ Azo على واحد أو أكثر من الروابط الآزوية [N=N] ويمكن أن تكون كاتيونية أو أيونية. تستخدم الأصباغ على نطاق واسع في مجموعة واسعة من الصناعات، بما في ذلك المنسوجات، الورق، الجلود، الصباغة، الطباعة، البلاستيك، مستحضرات التجميل والطلاء، نظرًا لتكلفة إنتاجها المنخفضة وسطوعها ومقاومتها العالية للظروف البيئية [4]. في الواقع يؤدي تشتت الصبغة في المسطحات المائية إلى تعطيل قابلية الذوبان في الغاز، مما يؤثر على خياشيم الكائنات المائية ويعطل مناطق تكاثرها وملاجئها [5].

تقيد الأصباغ التمثيل الضوئي مع منع تغلغل الضوء في الماء. بصرف النظر عن هذه الآثار الجانبية، فإن الأصباغ عادة ما تكون ضارة بسبب الخصائص المسرطنة والمطفرة (المرتبطة بوجود البنزيدين ومشتقات النفثالين).

بسبب الآثار السلبية المذكورة أعلاه على الكائنات الحية المختلفة، ظهر طلب كبير على تنقية المياه الخالية من الأصباغ والمعادن الثقيلة. إنها قضية حاسمة بالنسبة للاقتصاد والبيئة وصحة الإنسان. لإزالته من أنظمة المياه، يتم استخدام الإجراءات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية. يعتبر التخثر والتلبد عمليات فيزيائية وكيميائية [6]، ترسب [7]، التبادل الأيوني [8]، أكسدة ضوئية [9]، الكهرباء [10]، الترشيح الفائق [11]، التناضح الأمامي [12]، الإشعاع [13] والامتزاز [14]. لقد حان الوقت لتطوير نظام أكثر كفاءة وصديق للبيئة وأقل تكلفة لإزالة الشوائب المختلفة من الماء [15].

قام الباحثون بتقييم العديد من المواد الحيوية لمعالجة النفايات السائلة الملوثة في البحث عن حل أفضل، للحفاظ على البيئة والبقاء على المدى الطويل. على سبيل المثال إجراء تحليل بيليومتري للطحالب الدقيقة لإزالة المعادن الثقيلة [16]. حلت الدراسة استخدام العديد من الطحالب الدقيقة لإزالة المعادن الثقيلة من خلال تحديد العوامل العديدة التي تؤثر على كفاءة الإمتزاز الحيوي، قشور الموز [17]، الكائنات الحية الدقيقة المتطرفة [18]، الكتلة الحيوية الزرقاء البكتيرية [19]، قشور [20]، الشيتوزان [21]، التانين [22] وأوراق النبات [23] كمادة مازة لإزالة الملوثات من الماء في مادة مازة حيوية واحدة نموذجية، ركزت أوراق المراجعة الحديثة على الجوانب التي تؤثر على عملية الامتزاز الحيوي، مثل توازن الامتزاز الحيوي والحركية. الغرض من هذه الدراسة هو إعطاء نظرة عامة على اتجاه البحث الحالي وتحديد المواد المازة الحيوية المختلفة التي يمكن الوصول إليها وتسهيل الضوء على الفجوات المعرفية ذات الصلة، ووصف آفاق البحث المستقبلية.

الهدف من عملنا هو إجراء دراسة تجريبية لامتزاز ملوثات المياه باستخدام قشور بذور المورينغا ببسكرة الذي كان لنا السبق في دراسته على المستوى الوطني، لذلك فهي مسألة تطوير واستغلال مورد مهم من الموارد الطبيعية. أجريت هذه الدراسة التجريبية للأغراض التالية:

تحديد الظروف المثلى لإمتزاز (أزرق المثيلين) في المحاليل المائية بقشور بذور المورينغا لمنطقة مليلي بولاية بسكرة للحصول على أفضل مردود لإزالة هذه الملوثات، تهدف الدراسة أيضا إلى دراسة النمذجة الحرارية والحركية لظاهرة الامتزاز لقشور بذور المورينغا محل الدراسة على الصبغة المذكورة سابقا. وللخروج عن الدراسة الكلاسيكية ومواكبة الأبحاث الحالية تم الاعتماد على النمذجة الرياضية الإحصائية باستعمال برنامج تصميم التجارب. تحقيقا لهذه الغاية، قمنا بتقسيم المذكرة كلاسيكيا إلى قسمين رئيسيين: نظري وتجريبي.

يحتوي الجزء الأول على 3 فصول نظرية على النحو التالي:

**الفصل 01:** دراسات سابقة

**الفصل 02:** بيولوجيا نبات القمح

**الفصل 03:** عموميات حول الإمتزاز.

يحتوي الجزء الثاني على فصلين تطبيقيين على النحو التالي:

**الفصل 04:** الخطة التجريبية.

الفصل 05: عرض النتائج ومناقشتها

من خلال هذه الدراسة نهدف إلى الإجابة على مجموعة من التساؤلات: هل يمكن استعمال قشور بذور المورينغا في معالجة المياه؟ وهل لها القدرة على نزع الأصبغة الكاتيونية والأنيونية؟ وإن كانت تمتلك هذه القدرة، فما هي حدودها وما هي أحسن الشروط للحصول على أحسن نتائج بمعيار الكمية الممتزة ومردود الإزالة. هذا ما سنعرفه من خلال بحثنا المتواضع.

# المراجع

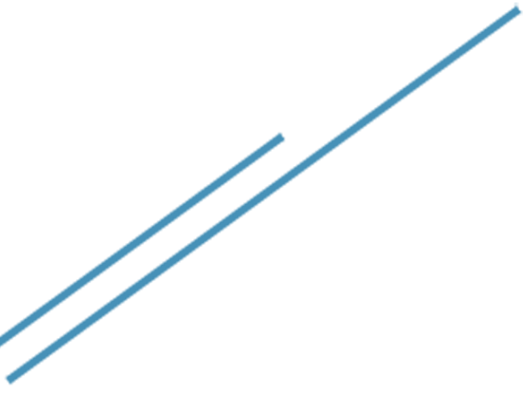
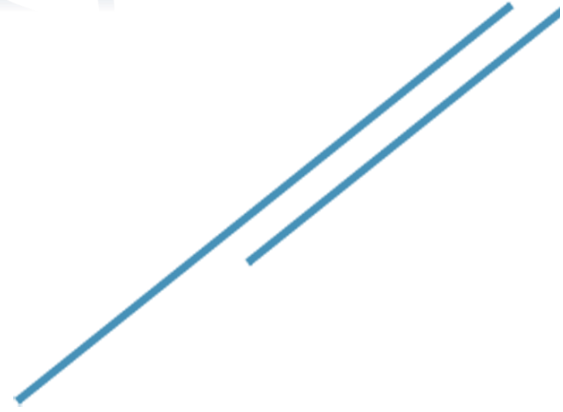


- [1] Mikosch, N., Becker, R., Schelter, L., Berger, M., Usman, M., Finkbeiner, M., 2020. Highresolution water scarcity analysis for cotton cultivation areas in Punjab, Pakistan. *Ecol. Indicat.* 109, 105852.
- [2] Richa, Roy Choudhury, A., 2020. Synthesis of a novel gellan-pullulan nanogel and its application in adsorption of cationic dye from aqueous medium. *Carbohydr. Polym.* 227, 115291.
- [3] Sakin Omer, O., Hussein, M.A., Hussein, B.H.M., Mgaidi, A., 2018. Adsorption thermodynamics of cationic dyes [methylene blue and crystal violet] to a natural clay mineral from aqueous solution between 293.15 and 323.15 K. *Arab. J. Chem.* 11[5], 615–623.
- [4] Reck, I.M., Paixao, ~ R.M., Bergamasco, R., Vieira, M.F., Vieira, A.M.S., 2018. Removal oftartazine from aqueous solutions using adsorbents based on activated carbon and Moringa oleifera seeds. *J. Clean. Prod.* 171, 85–97.
- [5] Senthil Kumar, P., Varjani, S.J., Suganya, S., 2018. Treatment of dye wastewater using an ultrasonic aided nanoparticle stacked activated carbon: kinetic and isotherm modelling. *Bioresour. Technol.* 250, 716–722
- [6] Hou, T., Du, H., Yang, Z., Tian, Z., Shen, S., Shi, Y., Yang, W., Zhang, L., 2019. Flocculation of different types of combined contaminants of antibiotics and heavy metals by thermo-responsive flocculants with various architectures. *Separ. Purif. Technol.* 223, 123–132.
- [7] Chen, B., Zhao, H., Chen, S., Long, F., Huang, B., Yang, B., Pan, X., 2019. A magnetically recyclable chitosan composite adsorbent functionalized with EDTA for simultaneous capture of anionic dye and heavy metals in complex wastewater. *Chem. Eng. J.* 356,69–80.
- [8] Feng, Y., Yang, S., Xia, L., Wang, Z., Suo, N., Chen, H., Long, Y., Zhou, B., Yu, Y., 2019. In-situ ion exchange electrocatalysis biological coupling [i-IEEBC] for simultaneously enhanced degradation of organic pollutants and heavy metals in electroplating wastewater. *J. Hazard Mater.* 364, 562–570.
- [9] Du, W.-N., Chen, S.-T., 2018. Photo- and chemocatalytic oxidation of dyes in water. *J. Environ. Manag.* 206, 507–515.

- [10] Doggaz, A., Attour, A., Le Page Mostefa, M., Come, ^ K., Tlili, M., Lopicque, F., 2019. Removal of heavy metals by electrocoagulation from hydrogenocarbonate-containing waters: compared cases of divalent iron and zinc cations. *J. Water Process Eng.* 29, 100796.
- [11] Kavitha, E., Sowmya, A., Prabhakar, S., Jain, P., Surya, R., Rajesh, M.P., 2019. Removal and recovery of heavy metals through size enhanced ultrafiltration using chitosan derivatives and optimization with response surface modeling. *Int. J. Biol. Macromol.* 132, 278–288.
- [12] Qiu, M., He, C., 2019. Efficient removal of heavy metal ions by forward osmosis membrane with a polydopamine modified zeolitic imidazolate framework incorporated selective layer. *J. Hazard Mater.* 367, 339–347.
- [13] Ghobashy, M.M., Elhady, M.A., 2017. pH-sensitive wax emulsion copolymerization with acrylamide hydrogel using gamma irradiation for
- [14] Wei, Y., Salih, K.A.M., Rabie, K., Elwakeel, K.Z., Zayed, Y.E., Hamza, M.F., Guibal, E., 2020. Development of phosphoryl-functionalized algal-PEI beads for the sorption of Nd[III] and Mo[VI] from aqueous solutions – application for rare earth recovery from acid leachates. *Chem. Eng. J.*, 127399.
- [15] Hadiani, M.R., Khosravi-Darani, K., Rahimifard, N., 2019. Optimization of as [III] and as [V] removal by *Saccharomyces cerevisiae* biomass for biosorption of critical levels in the food and water resources. *J. Environ. Chem. Eng.* 7 [2], 102949.
- [16] Ubando, A.T., Africa, A.D.M., Maniquiz-Redillas, M.C., Culaba, A.B., Chen, W.-H., Chang, J.-S., 2021. Microalgal biosorption of heavy metals: a comprehensive bibliometric review. *J. Hazard Mater.* 402, 123431.
- [17] Akpomie, K.G., Conradie, J., 2020. Banana peel as a biosorbent for the decontamination of water pollutants. A review. *Environ. Chem. Lett.* 18 [4], 1085–1112.
- [18] Giovanella, P., Vieira, G.A.L., Ramos Otero, I.V., Pais Pellizzer, E., de Jesus Fontes, B., Sette, L.D., 2020. Metal and organic pollutants bioremediation by extremophile microorganisms. *J. Hazard Mater.* 382, 121024.
- [19] Shetty, K., Krishnakumar, G., 2020. Algal and cyanobacterial biomass as potential dye biodecolorizing material: a review. *Biotechnol. Lett.* 42 [12], 2467–2488.

- [20] Tran, H.N., Nguyen, H.C., Woo, S.H., Nguyen, T.V., Vigneswaran, S., HosseiniBandegharai, A., Rinklebe, J., Kumar Sarmah, A., Ivanets, A., Dotto, G.L., Bui, T.T., Juang, R.-S., Chao, H.-P., 2019. Removal of various contaminants from water by renewable lignocellulose-derived biosorbents: a comprehensive and critical review. *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 49 [23], 2155–2219.
- [21] Crini, G., Torri, G., Lichtfouse, E., Kyzas, G.Z., Wilson, L.D., Morin-Crini, N., 2019. Dye removal by biosorption using cross-linked chitosan-based hydrogels. *Environ. Chem.Lett.* 17 [4], 1645–1666.
- [22] Santos, S.C.R., Bacelo, H.A.M., Boaventura, R.A.R., Botelho, C.M.S., 2019. Tanninadsorbents for water decontamination and for the recovery of critical metals: current state and future perspectives. *Biotechnol. J.* 14 [12], 1900060.
- [23] Adeniyi, A.G., Ighalo, J.O., 2019. Biosorption of pollutants by plant leaves: an empirical review. *J. Environ. Chem. Eng.* 7 [3], 103100.

# اجزاء النظرية





# الفصل الأول

## 1. مقدمة:

من أكثر أنواع التلوث خطورة تلوث المياه لما يمثله الماء من عنصر أساسي من عناصر الحياة، لذلك اتجهت الكثير من الدراسات على تناول هذا النوع من التلوث أكثر من بقية فروع التلوث الأخرى. إنه أحد أهم المتطلبات الأساسية لبقاء الإنسان على كوكبنا. وهو يغطي أكثر من 71٪ من سطح الأرض وتشكل أكثر من 70٪ من كتلتها. إنها المادة الطبيعية الوحيدة على الكوكب التي يمكن أن توجد في ثلاث حالات فيزيائية مختلفة. لا يمكن المبالغة في أهمية المياه النظيفة. للأسف، أدى النمو السكاني الجامح والتعدي الصناعي إلى فرض ضغوط هائلة على إمدادات المياه الشحيحة في العقود الأخيرة [1] ويؤدي إلى تدهور سريع وشديد في جودة المياه. أصبح تلوث المياه قضية رئيسية أثارت قلقًا واسع النطاق في جميع أنحاء العالم.

التلوث بشكل عام، هو تلوث بيئي يشكل خطرا جسيما على الكائنات الحية المختلفة. تلوث المياه والهواء والتربة والتلوث البيولوجي والنووي هي الأنواع الأربعة الأساسية للتلوث. حدث تلوث المياه والإفراط في استخدام الموارد المائية في الآونة الأخيرة نتيجة الجشع الجامح المرتبط بالحضارة الإنسانية. لسوء الحظ، توجد مياه الصرف الصحي باستمرار حيث يعيش الناس ويعملون. تعد العديد من الصناعات مولدات مهمة لمياه الصرف الصحي التي تحتوي على مجموعة واسعة من الملوثات. من بين الملوثات المعادن الثقيلة، الفينولات، مبيدات الآفات، المبيدات الحشرية، المستحضرات الصيدلانية والأصبغ العضوية. إن إطلاق هذه النفايات السائلة السامة في البيئة المائية له عواقب وخيمة على المحيط الحيوي لدينا، حيث توجد كل الخصائص المناعية، المسخية، المسببة للطفرات، والمسرطنة [2]. من المعروف أن تلوث المياه مسؤول عن 70-80 بالمائة من جميع الأمراض في الدول النامية [3].

## 2. أنواع التلوث:

## 1.2. التلوث البترولي:

المصادر الرئيسية للبترول أو النفط الخام ومشتقاته هي تقنيات إنتاج البترول الطبيعي [4]. يتم تضمين الاستخراج والتخزين والنقل والسفن والموانئ البحرية وأماكن وقوف السيارات. تساهم الحوادث التي تشمل ناقلات النفط وخطوط الأنابيب ومنصات النفط في تلوث المياه أيضًا. تسبب الانسكابات النفطية في دخول حوالي 5 ملايين طن من المنتجات البترولية إلى النظم المائية [5]. يُعرف الماء المنتج على نطاق واسع بأنه أحد أكثر أنواع تلوث المياه ضررًا بسبب طبيعته المعقدة، فهو يمتلك خصائص مسرطنة ومطفرة. يحتوي على الهيدروكربونات العطرية النفثينية والبارافنيك ومتعددة الحلقات،

بالإضافة إلى كميات ضئيلة من جزيئات الكبريت والأكسجين والنيتروجين [6]. إن وجود هذه المواد الكيميائية الثابتة في البيئة المائية له تأثير ضار على صحة العديد من أجزاء النظام البيئي.

## 2.2. تلوث مياه الصرف الصحي:

نتيجة لتوسع التصنيع، أصبح تلوث مياه الصرف الصحي مشكلة عالمية كبيرة. مع أكثر من نصف سكان العالم يقيمون في المدن الساحلية [7]، فإنه يمر بشكل عام دون أن يلاحظه أحد. تؤدي الإنسكابات العرضية الناتجة عن فشل محطة المعالجة إلى ضخ مياه الصرف الصحي غير المعالجة في موارد المياه. تندرج فيض مياه الصرف الصحي وأنابيب الصرف الصحي التالفة ومحطات الرفع المزدهمة والنفائات السائلة المنبعثة من أنظمة التخلص من مياه الصرف الصحي في الموقع جميعها ضمن هذه الفئة. نظرًا لأنه يشتمل على مزيج من المستويات الضارة المتزايدة للملوثات، فإنه يشكل تحديًا بيئيًا معقدًا. تم العثور على مسببات الأمراض (البكتيريا والفيروسات)، والمواد الكيميائية العضوية وغير العضوية، والمواد المسببة لاضطرابات الغدد الصماء، والهيدروكربونات [8] التي لها عواقب سلبية على صحة الإنسان والنظم الإيكولوجية الساحلية. التهابات الجلد والمسالك البولية، التهاب الكبد، التهاب المعدة والأمعاء كلها ناجمة عن ملامسة الإنسان لمياه الصرف الصحي الملوثة. كما أن لها تأثيرًا سلبيًا على الشعب المرجانية، والتي تعد واحدة من أكثر النظم البيئية قيمةً تجاريًا وتنوعًا بيئيًا في العالم [9].

## 3. أهم الملوثات :

تتورط العديد من الشركات بشكل خاص في تلوث المياه نتيجة للعمليات البديلة والزراعية والصناعية المختلفة [10]، أصبحت تنقية النفائات السائلة المائية الملوثة بالمركبات الضارة عبئًا بيئيًا كبيرًا في السنوات الأخيرة [11]، وجودهم في المسطحات المائية خارج القواعد غير مرغوب فيه، حيث تشكل مخاطر كبيرة على البيئة وصحة الإنسان في نفس الوقت. غير قابلة للتحلل، شديدة السمية، ومسببة للسرطان كلها سمات لهذه الملوثات، كما يمكن أن يسبب ضررًا شديدًا للعديد من الأجزاء البيئية حتى عند التراكيز المنخفضة [12]. تعد المعادن الثقيلة السامة والأصبغ العضوية الاصطناعية من بين العديد من الملوثات التي أثارت مخاوف بيئية في جميع أنحاء العالم.

## 1.3. الأصباغ:

الملونات هي مواد كيميائية لها القدرة على نقل ألوانها إلى الأسطح الأخرى. يمكن استخدامها بمفردها أو مع مكونات أخرى في معظم الحالات. البلاستيك، المطبوعات، الصور، الملابس، الدهانات والسيراميك ليست سوى عدد قليل من القطاعات التي تستخدمها بكثرة. غالبًا ما يتم تقسيم الملونات إلى

فنتين: الأصباغ (dye) والخضاب (pigment) [13]. الأصباغ هي مواد عضوية تستخدم لتلوين ركائز مختلفة مثل الورق. لديها القدرة على الارتباط بالأسطح الخارجية لمختلف الأجسام أو المنسوجات. من ناحية أخرى، تتطلب الأصباغ مادة رابطة لمساعدتها على التثبيت بالأسطح [14]. يتم تصنيف الأصباغ التجارية بعدة طرق، بناءً على مصدر منشئها، تركيبها الكيميائي، درجة لونها واستخدامها. تنقسم الألوان الطبيعية والاصطناعية إلى فنتين بناءً على أصلها. تأتي الألوان الطبيعية من الحيوانات والمعادن والنباتات واللافقاريات، ويتم إنتاجها أو استخراجها منها. هي في الغالب مشتقة من مصادر نباتية وأثرية. لديها العديد من المزايا، بما في ذلك بيئة متوازنة، فعالية التكلفة، قابلية التحلل البيولوجي، وسهولة التخلص منها. ومع ذلك، فإن الفوائد المذكورة أعلاه فضلاً عن النشاط الصناعي الواسع النطاق والتوسع الحضاري غير المنضبط، يدفع الناس بعيداً عن استخدام الألوان الطبيعية. يتم استهلاكها إلى حد كبير في قطاعات الغذاء بسبب عدم قدرتها على تلبية متطلبات التقدم الصناعي السريع [15]. من ناحية أخرى، فإن الأصباغ الاصطناعية مصنوعة من مواد كيميائية عضوية أو غير عضوية وتستخدم كبديل للألوان الطبيعية. تشير العبارة الاصطناعية إلى التركيب الكيميائي لمجموعة الكروموفور. الأنيلين أو الكروم هما أكثر المواد المستخدمة شيوعاً. بناءً على درجة ثبات الضوء والسطوع، يتصرف كل نوع بشكل مختلف. تتلاشى ألوان الأنيلين (قطران الفحم) بسرعة عند تعرضها لأشعة الشمس، لكن صبغات الكروم ثابتة اللون وغير قابلة للتآكل [16]. عند العمل باستخدام الأصباغ الاصطناعية هناك عدد من العوامل المهمة التي يجب مراعاتها. من بينها البهتان، الغليان، قابلية الغسل في الآلة، التنظيف الجاف، تلاشي أبخرة الغاز، المياه المالحة، الضغط بالبخر، والعرق. يمكن أيضاً تصنيفها بناءً على كيفية ذوبانها في وسط مائي. هناك ثلاثة أنواع من الأصباغ: الكاتيوني (الأصباغ الأساسية)، الأنوني (الأصباغ الحمضية، المباشرة، التفاعلية)، وغير الأيوني (الأصباغ المشتقة) [17]. اعتمدت العديد من القطاعات، مثل صناعة السجاد والمطاط، بشكل كبير لإنتاج سلع ملونة [18]. باستثناء صبغات المشتت والحوض، فإن كل هذه الألوان قابلة للذوبان في الماء بطبيعتها. الرصاص، الزنك، النحاس، الكروم والكوبالت كلها موجودة بكميات ضئيلة في الأصباغ. تعتبر الأصباغ الاصطناعية أكثر مقاومة لعوامل الأكسدة بسبب الهياكل الكيميائية المعقدة للأشعة تحت الحمراء. يتسبب في زيادة الطلب على الأكسجين الكيميائي، وهو أمر خطير على الكائنات الحية المائية وكذلك صحة الإنسان ولها تأثير سلبي على عمليات التمثيل الغذائي لكل من الطحالب الدقيقة والنباتات المائية. يسرد الجدول (1) أنواع عديدة من الأصباغ [19]، الخصائص الكيميائية وعواقبها غير المرغوب فيها [20].

**1.1.3 الميثيلين الأزرق:**

معروف أحياناً باسم كلوريد ميثيل ثيونينيوم، له الصيغة الجزيئية  $[C_{16}H_{18}N_3SCl]$  يُعرف بالصبغة الموجبة. يتم استخدامه في مجموعة متنوعة من القطاعات، بما في ذلك الأدوية والأصباغ والورق [21] والمنسوجات ومبيدات الآفات [22] خفقان القلب، الصدمة، القيء، اليرقان، الزرقعة، الشلل الرباعي ونخر الأنسجة هي بعض الآثار الجانبية غير السلبية على صحة الإنسان [23]. يمكن أن يكون سبب ارتفاع ضغط الدم والأمراض العقلية والغثيان وآلام المعدة هو جرعة كبيرة من صبغة أزرق الميثيلين ( $< 7.0$  ملغ / كغ) [24].

**2.1.3 الكونغو الأحمر:**

ملح الصوديوم صيغته الكيميائية المجلمة  $[C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6SI]$  [25]. صبغة أنيونية، يصبح محلولاً غروانياً قرمزياً بمجرد ذوبانه في الماء. يتم توظيفه في مجموعة متنوعة من المجالات، بما في ذلك علم الأحياء والكيمياء الحيوية وتصنيع المنسوجات [26]، وله مجموعة متنوعة من الآثار الضارة على صحة الإنسان، بما في ذلك القيء، الغثيان، الإسهال، ردود الفعل التحسسية وصعوبات التنفس. كما أنه يتحول بسرعة إلى مادة بنزيدين التي تم ربطها بسرطان الإنسان [27].

الجدول 01. أصناف مختلفة من الأصباغ وأثارها الصحية الخطيرة.

(Deng, L., Zeng, H., Shi, Z., Zhang, W., Luo, J., 2018. Sodium dodecyl sulfate intercalated and acrylamide anchored layered double hydroxides: a multifunctional adsorbent for highly efficient removal of Congo red. J. Colloid Interface Sci. 521, 172–182.)

المراجع	الآثار الصحية	التطبيق	الطبيعة	الذوبان	طريقة الاستخدام	الأمثلة	إسم الصبغة
n Kausar et al (2018)	مادة مسرطنة لسرطان المثانة	السليولوز والقطن ألياف مخلوطة.	أنيوني	قابل للذوبان في ماء	تطبق مباشرة على الركيزة	أسود مباشر، أزرق مباشر	مباشر الأصباغ
Dawood and Sen (2014)	مشكلة الجهاز التنفسي التحسسي	الألياف السليولوزية و قماش.	أنيوني	قابل للذوبان في ماء.	تتفاعل المجموعة التفاعلية مع الألياف بوليمر	رد الفعل الأحمر رد الفعل الأسود5	رد الفعل الأصباغ
Abusaif et al (2021)	حروق الجلد و تهيج الغشاء المخاطي	الجلود، الحرير، الصوف، الورق والألياف الاصطناعية.	أنيوني.	قابل للذوبان في ماء.	يستخدم حمامات الصبغ المحايدة والحمضية	حمض أحمر 57 ، الكونغو الأحمر	الأصباغ الحمضية
McYott .o et al (2021)	المواد المسرطنة، حساسية الجلد ردود الفعل والتهاب الجلد التحسسي، الطفريات، والسرطان.	القطن، الصوف، والحرير.	-	قابل للذوبان في ماء.	-	الميثيلين الأزرق، الملكيت لون أخضر	الأصباغ الأساسية
Yang et al (2021).	الحروق الشديدة وتهيج الغشاء المخاطي والجلد.	ألياف مخلوطة، سليلوز والقطن.	-	غير قابل للذوبان في ماء.	القماش مبطن بتشتت مستقر في كثير من الأحيان microdispersion للصبغة	ضربية القيمة المضافة الخضراء 6، نيلي	أصباغ ضربية القيمة المضافة
Vendemiatti et al (2021).	تلف الحمض النووي ، تحريض سرطان المثانة عند البشر.	صناعة PVC ، فيلني، المخمل وخلات	كاتيون	غير قابل للذوبان في ماء.	العلاجات المتتالية مع محاليل كيميائية.	تفريق الأزرق ، تشتت	شتت الأصباغ

		السليولوز.				
Zheng et al (2021).	—	ألياف السليولوز وقطن.	قلوية	غير قابل للذوبان في ماء.	تحول إلى قابل للذوبان في الماء شكل موضوعي قبل التطبيق.	كبريت الأصباغ

### 2.3. المعادن الثقيلة:

تم تحديد التسمم المعدني الثقيل السام للمياه السطحية والجوفية على أنه خطر شديد على العديد من موارد المياه في جميع أنحاء العالم. إنها ملوثات غير عضوية سيئة السمعة بأوزان ذرية تتراوح من 63.5 إلى 200.6 وكثافة أعلى من 5 غ/سم<sup>3</sup>. تم وصف عدة أنواع من المعادن الثقيلة، أصولها البشرية، سميتها، والقيود المسموح بها. يدخلون البيئة نتيجة العمليات الجيولوجية والبشرية. إنها ضرورية وخطيرة نسبياً عند تناول جرعات منخفضة ويمكن العثور عليها في مجموعة متنوعة من الأجزاء البيئية [28]. توجد المعادن الثقيلة بشكل شائع في المواد المكونة للصخور. من السهل أن تتسرب المعادن الثقيلة مثل النحاس، الكوبالت، المنغنيز، النيكل، الزنك والفاناديوم بسبب التجوية المعدنية [29]. التربة هي خيار آخر لتخزين المعادن الثقيلة حيث يمكن أن نجد المعادن الثقيلة بأشكال متنوعة في التربة. المياه السطحية الملوثة لديها القدرة على نقل المعادن الثقيلة عبر مسافات طويلة [30]. تشمل المتغيرات الأخرى التي تساهم في التلوث بالمعادن الثقيلة القضايا الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية. من ناحية أخرى، تم ربط المصادر البشرية بتلوث المياه الجوفية حيث تعتبر هذه الأخيرة المصدر الأساسي لمياه الشرب.

### 4. الإمتزاز الحيوي:

#### 1.4. أساسيات الإمتزاز الحيوي:

الإمتزاز الحيوي هو مجال من مجالات التنمية المستدامة مع تطبيق عملي (نهج التكنولوجيا الحيوية) [31]. يتم الاعتماد عليها باعتبارها تقنية صديقة للبيئة واقتصادية وفعالة لمعالجة المياه [32]. يقلل تركيز ملوثات المياه المختلفة إلى الحدود المقبولة التي أوصت بها اللوائح الفيدرالية المختلفة [33]. تتوافق مفاهيم الكيمياء الخضراء مع هذه المنهجية الخضراء. بإيجاز، يتم تعريفها على أنها عملية مستقلة عن التمثيل الغذائي (الإمتزاز السلبي)، مبنية على استخدام النفايات الحيوية للتخلص من ملوثات المياه

المختلفة. بشكل عام، ينتج عن إعادة تدوير هذه الكتل الحيوية العديد من الفوائد (النفائات الحيوية). يساهم استخدامها في أشكالها الطبيعية و / أو المعدلة بشكل مباشر في تقليل النفائات، الأمر الذي لديه القدرة على حل مجموعة متنوعة من القضايا البيئية [34]. كما أن لها مزايا ملحوظة مثل إنخفاض تكاليف التشغيل والتصنيع ، فضلاً عن الكفاءة العالية.

#### 2.4. إستراتيجية الإمتزاز الحيوي:

تطور مفهوم الامتزاز الحيوي باعتباره عملية ناجحة متعددة الأبعاد في السنوات الأخيرة. عند مقارنتها بتقنيات معالجة مياه الصرف الصحي التقليدية الأخرى، فإنها تعتبر بديلاً ممتازاً [35]. الامتزاز هو ظاهرة فيزيائية كيميائية تحدث عندما تتجمع جزيئات المادة الممتزة على سطح مادة أخرى (مادة مازة). هذا ينتج نفائات سائلة عالية الجودة. على الرغم من استخدام البادئة "bio" للإشارة إلى مشاركة الكيان البيولوجي، يمكن أيضاً تعريف كلمة "biosorption" بسهولة. يُعرف استيعاب مادة في حالة ما إلى مادة أخرى في حالة مختلفة بالإمتزاز. يشير إلى امتزاز الغازات أو السوائل بواسطة مادة صلبة. الامتزاز هو تفاعل فيزيائي بين مادة مازة وأخرى ممتزة [36]. باختصار، يعد الامتزاز الحيوي عملية غير مخصصة وغير متأثرة من الناحية الفسيولوجية وتشمل جميع عناصر التفاعل بين أي مادة ممتزة وركيزة بيولوجية (مادة مازة حيوية). إنه مهم في مجموعة متنوعة من العمليات العلمية.

#### 3.4. معايير اختيار المواد المازة:

يُعتقد أن ملاءمة مادة الامتزاز الحيوي هي العامل الأكثر أهمية الذي يجب مراعاته عند اختيار أي مادة. تعتبر تكلفة الكتلة الحيوية ومصدرها من العوامل المهمة التي يجب مراعاتها عند اختيار مادة الإمتزاز الحيوي. لاستخدامها في تصنيع مختلف المواد المازة، الكتلة الحيوية المينة لها الأسبقية على الكتلة الحيوية الحية [37]. فوائد استخدام الكتلة الحيوية المينة عديدة. يمكن تلخيصها على النحو التالي:

- (1) لا حاجة لمتطلبات النمو (مثل الوسائط والمغذيات) التي يجب احتواؤها في محلول العلف، (2) لا قيود على السمية، (3) إمكانية إعادة الاستخدام واستعادة الملوثات البيولوجية المشبعة والملوثات الممتزة على التوالي، (4) نمذجة رياضية وإحصائية أسهل لامتزاز الملوثات. علاوة على ذلك، يجب أن تستوفي المادة المازة المختارة عدداً من المعايير، بما في ذلك الملاءمة البيئية، التوافر، التوافق الحيوي والتطبيق العملي. هذا يؤكد قدرتها على إزالة السموم من مجموعة متنوعة من ملوثات المياه. يجب أن يكون للممتز الحيوي مجموعة متنوعة من الخصائص الأخرى الإيجابية. وهذا يشمل قدرتها القوية على الإمتزاز للملوثات المستهدفة، فضلاً عن ثباتها وقابليتها لإعادة الاستخدام. يجب أن تؤخذ في الاعتبار قابلية إعادة التدوير الحيوي والتكيف مع التصميمات المتنوعة (أي أنظمة الدفعات، ذات

القاعدة الثابتة) [38]. يجب إعطاء النفايات التي يمكن الوصول إليها أكبر قدر من الاهتمام بناءً على النفايات باعتبارها ثروات. نظرًا لطابعها الصديق للبيئة، فإن استخدامها له عدد من المزايا. إنه مفيد اقتصاديًا لأنه يحل مشكلات التخلص بينما يولد أيضًا نقدًا لمجموعة متنوعة من القطاعات. في الواقع، يختلف هيكل العناصر الحية الوفيرة بشكل كبير. توجد فيها الروابط التالية: الكحول، الأمينات، الألدهيدات، الكربوكسيل، الهيدروكسيل، الفوسفات، الثيول، الكيتونات، الفينول ومجموعات الإيثر. وهي موجودة بدرجات متفاوتة، مما يسمح لها بالتفاعل مع الملوثات المستهدفة من خلال مجموعة متنوعة من الأساليب. يعتبر الامتزاز الحيوي بديلاً محتملاً وفعالاً من حيث التكلفة للطرق التقليدية. يعتمد على استخدام النفايات الحيوية لإزالة ملوثات المياه المختلفة. تقوم فلسفتها على فكرة تحقيق ربح مضاعف من النفايات الحيوية. يتم تحقيق ذلك عن طريق إعادة تدوير المواد من أجل المساهمة بشكل مباشر في تقليل النفايات مع استخلاص أكبر الفوائد منها أيضًا [39]. ونتيجة لذلك، فإنه يتيح الوصول إلى مستويات التخفيف التي تفرضها القواعد الدولية أو الوطنية، وكذلك منظمة الصحة العالمية (WHO) [40]، تتميز بخصائص مميزة مثل تكاليف التشغيل والتصنيع منخفضة التكلفة، المرونة، بساطة التشغيل والكفاءة العالية. مواد مازة حيوية تعتمد على: chitosan [41]، الكربون المنشط [42]، المركبات النانوية الحيوية [43]، الهلاميات المائية الحيوية [44]، الطحالب الكبيرة [45]، المخلفات الزراعية [46]، كربونات الكالسيوم الحيوي [47]، كانت تستخدم لتنقية المياه وإزالة الشوائب مثل الأصباغ السامة والمعادن الثقيلة.

بشكل عام، ستؤدي إعادة تدوير هذه الكتل الحيوية إلى العديد من الفوائد. سوف يساهم استخدامها في القضاء على النفايات. كما أنه سيقبل من تركيزات الملوثات في مصادر المياه المختلفة. يمكن حل العديد من القضايا البيئية بهذه الطريقة. يمكن تحقيق مزايا أخرى جديرة بالملاحظة، مثل تكاليف التشغيل والتصنيع منخفضة التكلفة، فضلاً عن الكفاءة الكبيرة.

#### 4.4 قدرة وآلية الامتزاز الحيوي:

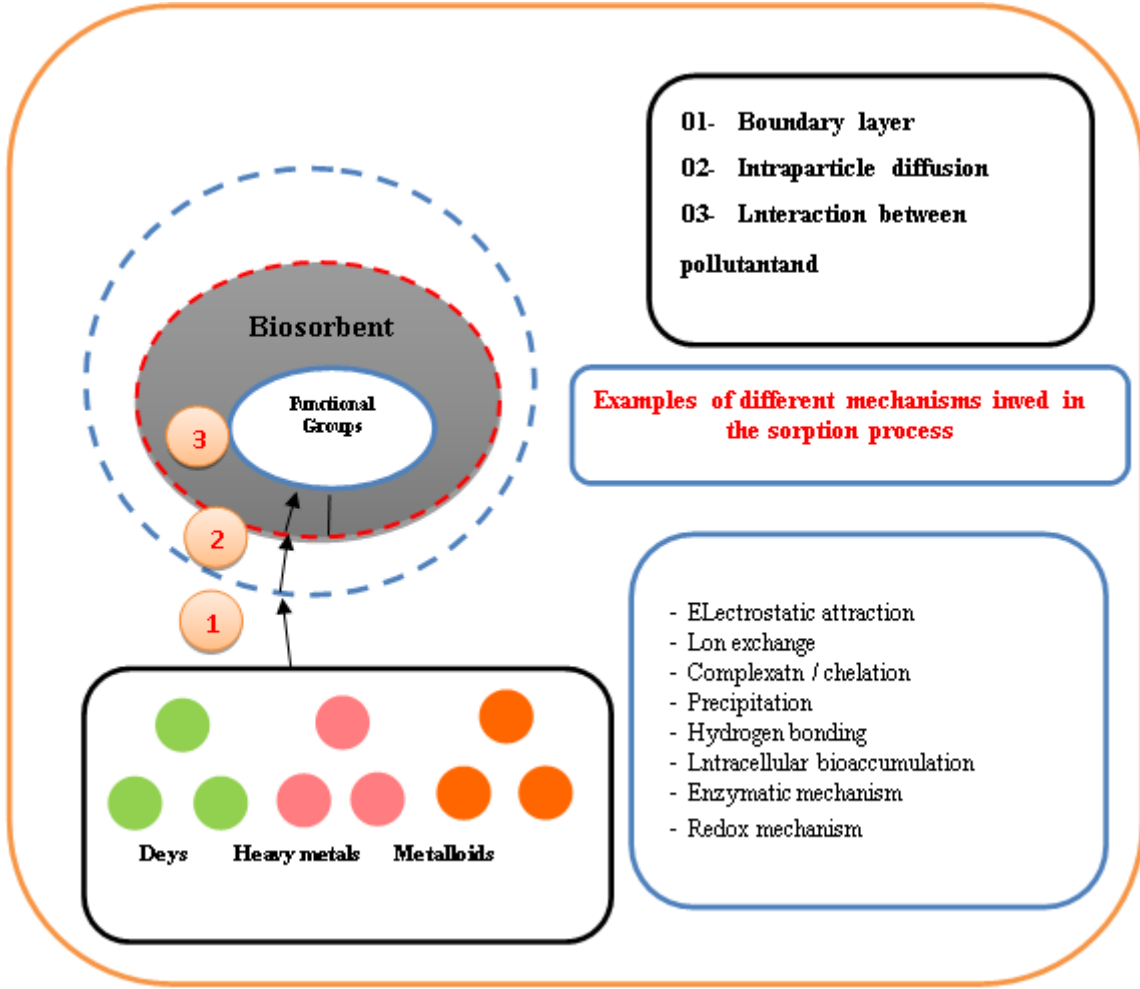
تعد الآليات الميكانيكية للامتزاز الحيوي لملوثات المياه المختلفة ضرورية لتحديد فعالية إدارتها. إنها مفيدة لتحسين ظروف إجراء الإزالة. تم إجراء العديد من التحقيقات حتى الآن للنظر في عمليات تفاعل الامتزاز الحيوي المختلفة. تعتمد عملية الامتزاز الحيوي بشكل عام على الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمادة المازة، الذوبانية، الحجم الجزيئي، شحنة السطح، التركيب الكيميائي، التفاعلية والكاره للماء كلها عوامل يجب مراعاتها. يسهل وجود العديد من المجموعات الوظيفية امتزاز أيونات المعادن والأصباغ بشكل عام. التجميع، التعقيد / التنسيق، التفاعل الكهربائي الساكن، التبادل الأيوني، الترسيب الدقيق، الأكسدة، والاختزال هي عمليات مفترضة شائعة.

صرّح (دا فونتورا) ورفاقه بأن الآلية الأساسية هي تفاعل الكهربائي الساكن مع عملية ذاتية الحرارة، كما ثبت من خلال تجارب الامتزاز الديناميكي الحراري لـ AB-161 على الكتلة الحيوية للطحالب الدقيقة [48]. من ناحية أخرى، كشف (أين وآخرون) أن طريقة إزالة المعادن الثقيلة من كربونات الكالسيوم الناتجة من قشور المحار المتروكة تتضمن تفاعل تبادل أيوني بين الكالسيوم وأيونات المعادن الثقيلة، مما يؤدي إلى إعادة التبلور، الأمر الذي يؤثر على كفاءة الإزالة بشكل أكبر [49]. تم استخدام قياس النمذجة متساوية الحرارة ومحاكاة الديناميكيات الجزيئية للتحقيق في الامتزاز الحيوي لأيونات السترونشيوم والسيزيوم على طحلب بني بحري (*Undaria Pinnatifida*) [50]. كانت وظائف الكربوكسيل، الكبريتات، الأمينات والأميدات هي المواقع الأكثر نشاطاً لامتزاز أيونات المعادن. كشفت النتائج أن الإمتزاز الكيميائي لم يكن عملية الإمتزاز الوحيدة في التجربة [51]. العمليات العديدة المتضمنة في عملية الإمتزاز الحيوي موضحة في الشكل 1. الترسيب والتبلور هي أيضاً احتمالات يجب أخذها في الاعتبار، وهذا يعقد عمليات الإمتزاز و/ أو الانتشار في نفس الوقت. تم استخدام منهجيات التوصيف المتغيرة والنماذج النظرية للتحقيق في عملية الامتزاز الحيوي الرئيسية. الامتزاز السطحي والإمتزاز الخلالي هما الحالتان الأساسيتان اللتان تتفاعل فيهما ملوثات الماء مع المواد المازة الحيوية. تنتقل جزيئات الممتز من المحلول المائي إلى سطح الامتزاز الحيوي أثناء امتزاز السطح. تمر الملوثات (الجزيئات و/ أو الأيونات) عبر الطبقة الحدودية المحيطة بالمادة الإمتزازية وترتبط بالمواقع النشطة على سطحها ثم يتم التخلص منها من المحاليل المائية. تُستخدم التفاعلات ثنائية القطب والترابط الهيدروجيني وقوى فان دير فالز بشكل شائع لإنجاز هذا النوع من الامتزاز [52]. تتسرب الملوثات (الجزيئات و/ أو الأيونات) من خلال المسام الحيوية (الكبيرة، المتوسطة، و / أو المسام الدقيقة) أثناء الامتزاز الخلالي. أخيراً، يتم امتزازها حيوياً على السطح الداخلي للمادة المازة [53]. يمكن أن تشرح التفاعلات الكهربائية الساكنة أيضاً كيفية التعامل مع الملوثات المختلفة في المياه ومياه الصرف. تم اكتشاف أنها تساهم بشكل كبير في إمتزاز ملوثات المياه. إن وجود عدة مجموعات وظيفية على سطح المواد المازة تجعلها مرشحة مثالية لالتقاط الملوثات بكفاءة من أنظمة المياه المختلفة. يؤثر الرقم الهيدروجيني للوسط بشكل كبير على كفاءة هذه المجموعات الوظيفية. تحدث بروتونات المجموعات الوظيفية المختلفة عند مستويات أقل من الأس الهيدروجيني. ونتيجة لذلك، تنشأ شحنة موجبة على سطح المادة المازة. نتيجة للتنافر الكهروستاتيكي، يتم طرد الملوثات موجبة الشحنة وتقليل و/ أو منع الامتزاز. عندما يرتفع الرقم الهيدروجيني للوسط، يتناقص التنافر الكهروستاتيكي، فيما يتعلق بظاهرة التجاذب الكهروستاتيكي، يؤدي هذا إلى زيادة امتزازها الحيوي.

تناسب قيم ثوابت التفكك (pKa) للمجموعات الوظيفية للامتزاز الحيوي، بالإضافة إلى قيمتها (pH<sub>PZC</sub>) مع الرقم الهيدروجيني للمحلول. وقد تتأثر قدرة الامتزاز البيولوجي نتيجة لذلك. العديد من المجموعات الوظيفية، مثل المجموعات الكربوكسيلية والفينولية، لها قيم (pKa) تتراوح من 3.5 إلى 5.5، هذا يشير إلى أنه في نطاق الأس الهيدروجيني هذا فإن غالبية هذه المجموعات تنفصل نتيجة لذلك، حيث تستفيد عملية الامتزاز الحيوي من زيادة مواقع الامتزاز سالبة الشحنة [54]. قيمة (pH<sub>PZC</sub>) لمادة الامتزاز الحيوي لها أيضًا تأثير كبير على عملية الامتزاز الحيوي. تكون الشحنة السطحية للمادة الممتصة موجبة عندما يكون الرقم الهيدروجيني للمحلول أقل (pH<sub>PZC</sub>). في حين أن شحنته السطحية تكون سالبة عندما يكون الرقم الهيدروجيني للمحلول أكبر (pH<sub>PZC</sub>). نتيجة لذلك، يكون التخلص من الملوثات الموجبة الشحنة منخفضًا بشكل خاص عندما يكون الرقم الهيدروجيني أقل من الرقم الهيدروجيني (pH<sub>PZC</sub>). يوافق هذا التفسير على مشاركة كبيرة للقوى الكهروستاتيكية أثناء عملية الامتصاص الحيوي [55].

يمكن أيضًا استخدام آلية التبادل الأيوني بين المادة المازة والملوثات التي تم فحصها لتحليل عملية الامتزاز الحيوي. يتم تفسير مساهمتها من خلال استبدال (تبادل) البروتونات بالملوثات في نقاط قابلة للتبادل على سطح الامتزاز الحيوي (أي أيونات المعادن). يساعد وجود مجموعات الهيدروكسيل والكربوكسيل والفينول على العملية. يمكن أن ترتبط الأيونات الملوثة بها من خلال زوجين من الإلكترونات، مما يؤدي إلى إطلاق اثنين من H<sup>+</sup> و / أو Na<sup>+</sup> في المحلول [56].

تتأثر عملية التبادل الأيوني بالرقم الهيدروجيني للسائل. في الوسط الحمضي، تؤدي الزيادة في أيونات H<sup>+</sup> إلى التنافس مع الملوثات موجبة الشحنة ليتم امتزازها على مادة الامتزاز الحيوي. في الوسائط الأساسية تؤدي الزيادة في أيونات OH<sup>-</sup> إلى تنافس الملوثات سالبة الشحنة على مواقع الامتزاز ذات الملوثات موجبة الشحنة. يؤدي تفاعل الملوثات (أي أيونات المعادن) مع الذرات المانحة للأكسجين من المجموعات الوظيفية المحتوية على الأكسجين إلى تكوين مجمعات سطحية (coordination). يمكن أن تلتصق أيونات المعادن (الكاتيونات) بسطح المواد المازة عبر عمليات معقدة في المجال الداخلي أو الخارجي. يتم تحقيق ذلك عن طريق تكوين روابط تساهمية بين المعدن وذرة الأكسجين (مانح الإلكترون). يمكن تحقيقه أيضًا عن طريق الكاتيونات التي تقترب من المجموعات السلبية للسطح (المسافة الحرجة). يرتبط هذا بوجود جزيء ماء واحد على الأقل بين الكاتيون والقاعدة [57].



الشكل 01. آليات المشاركة في عملية الامتزاز الحيوي.

(Fomina, M., Gadd, G.M., 2014. Biosorption: current perspectives on concept, definition and application. Bioresour. Technol. 160, 3–14.)

#### 4.5. الأفاق المستقبلية:

يجب التحقيق في عدد قليل من العوامل من أجل تحسين صفات المواد المازة الحيوية، لا سيما سماتها التركيبية. العديد من تقنيات التحسين كالتجفيف بالتجميد، وإدراج مجموعات وظيفية مختلفة، قد تعدل نشاط الامتزاز للمواد المازة. تمت دراسة استخدام الشيتوزان والالجينات في صناعة الحبيبات المركبة والألياف لإزالة المعادن الثقيلة والأصبغ على نطاق واسع. تم امتزاز الأدوية والشوائب العضوية وغير العضوية الأخرى بنجاح بواسطة هذه المواد، مما يشير إلى إمكانية إجراء تحقيق إضافي. أظهرت المواد المازة التي تم فحصها تأثيرات تأزريه، مما يدل على أهمية تفاعلات الملوثات في الوسط المائي. كان هذا التأثير مفيداً من حيث تعزيز قدرة الامتزاز وتحسين حركية الامتزاز وتعزيز

التجديد. يجب أن ينصب تركيز البحث المستقبلي على تحسين قدرة الامتزاز الحيوي لمختلف المواد المازة الحيوية من أجل استعادة المعادن الثقيلة والأصبغ من النفايات السائلة الصناعية. كانت هناك دراسة قليلة نسبياً حول الجدوى طويلة الأجل لإزالة المعادن الثقيلة القائمة على الامتزاز الحيوي من حيث المخاطر والبيئة وصحة الإنسان.

### 5. دراسة إحصائية:

الهدف من هذه الدراسة الإحصائية هو تحديد تقدم عدد الدراسات البحثية حول الكتلة الحيوية و استخدامها كمادة مازة لنزع الملوثات العضوية من المحاليل المائية، والتي أثبتت جميعها فعاليتها في إزالة التلوث من الصباغة، بالإضافة إلى إثارة الاهتمام بهذا البحث على المستويين الوطني والعالمي. تمت مراجعة النتائج في 2022/05/17.

### الشكل 02. دراسة إحصائية من 1999 إلى 2023.

يوضح الرسم البياني تطور عدد الدراسات (المقالات المنشورة) المتعلقة بالكلمات الرئيسية (امتزاز كتلة حيوية، صبغة) في الفترة الموضحة في الرسم البياني، بالمجموع 17795 ورقة بحث. من خلال القيم يتضح أن الباحثين يظهرون اهتماماً كبيراً في هذا المجال، حيث ينبع هذا الاهتمام من أهمية هذه العقبة التي تواجه العالم بأسره، والتي تتطلب إجراء بحث وإيجاد حلول عملية لهذه المشكلة. يتزايد عدد البحوث المتعلقة بقضية الملوثات وخاصة الملوثات العضوية بشكل مستمر مقارنة بالملوثات الأخرى وذلك لانتشار الملوثات العضوية في المياه على نطاق واسع، باعتبار أن مصدرها متعدد وحيوي ومتجدد ويتعامل معها الناس في كثير من الأحيان في الحياة اليومية، كما أن التعامل مع الملوثات العضوية في المختبر لا يتطلب عادة معدات معقدة.

### 6. عرض دراسات سابقة:

- عام 2022، قام Gulay Bayramoglu وآخرون بدراسة العديد من المواد المازة الخضراء على أساس الكتلة الحيوية *Oscillatoria Princeps* التي تم تطويرها لإزالة الأصباغ من مياه الصرف الصحي. في هذه الدراسة تم استعمال صبغة حمراء RR-120 كمادة ملوثة. تم إجراء تجارب على دفعات لتحديد تأثير الشروط التجريبية على الامتزاز الحيوي للصبغة على المواد المازة الحيوية (الأس الهيدروجيني: 2.0-8.0، كتلة المادة الحيوية: 0.1-1.0 غ/ل، تركيز الصبغة الأولي: 25-500 ملغ/ل،

درجة الحرارة: 15-35 درجة مئوية ووقت التلامس: 0-120 دقيقة). تم وصف عملية الامتزاز الحيوي لـ RR-120 بواسطة الكتل الحيوية الطحلبية بشكل جيد بواسطة نموذج Langmuir متساوي الحرارة والنموذج الحركي من الدرجة شبه الثانية. تتغير قيم الأنتالبي للامتزاز الحيوي للصبغة على مستحضرات الكتلة الحيوية بين 21.5 و 90.3 كيلو جول / مول [58].

- عام 2019، قام Reda M.Moghlazy بفحص الكتلة الحيوية الخام والمنشطة من الطحالب الدقيقة الخضراء، *Chlamydomonas variabilis*، كمادة مازة لإزالة صبغة الميثيلين الزرقاء (MB) من المحاليل المائية. أظهرت النتائج المتحصل عليها أن الامتزاز الأمثل لبروميد الميثيل حدث خلال 30 دقيقة من وقت التلامس عند الرقم الهيدروجيني 7 وجرعة الامتزاز الحيوي 1.5 و 1.0 غ/ل من الكتلة الحيوية المجففة والممتز الحيوي المنشط على التوالي. تم تسجيل نقطة الشحنة الصفرية (pHpzc) عند الأس الهيدروجيني 6.8 و 6.9 للكتلة الحيوية المجففة والمنشطة على التوالي. كانت الكتلة الحيوية المنشطة مادة مازة حيوية أكثر فاعلية من الكتلة الحيوية المجففة: عند تركيز 82.4 ملغ/ل من الصبغة، كان الحد الأدنى للإزالة أكبر من 98% باستخدام 1 غ/ل من الكتلة الحيوية المنشطة مع قدرة امتزاز قصوى تبلغ 115 ملغ/غ، بينما عند تركيز 56.4 ملغ/ل، لم يتجاوز الحد الأقصى للإزالة 80.8%. باستخدام 1.5 غ/ل من الكتلة الحيوية الخام مع كمية ممتزة قصوى تقدر بـ 18.3 ملغ/غ. علاوة على ذلك، أظهر نموذجي الامتزاز متساوي الحرارة فروندليش و لونجمير توافقاً أفضل عند استخدام الكتلة الحيوية المنشطة مقارنةً باستخدام الكتلة الحيوية الخام، حيث كانت قيم  $R^2$  السابقة أكبر من 0.9. تشير البيانات الحركية إلى أن امتزاز MB يتبع معادلة الدرجة شبه الثانية بشكل أفضل من معادلة الدرجة شبه الأولى [59].

- عام 2017، قام Zhigang Jia وآخرون بدراسة استخدام مواد ألياف الكربون المشتقة من الكتلة الحيوية، مسامير زهرة *Cortaderia selloana* وألياف الكربون المشتقة من زهرة *Cortaderia selloana*، كمادة امتزاز جديدة ومنخفضة التكلفة لإزالة الميثيلين الأزرق (MB) لمحاكاة مياه الصرف الصحي. تمت دراسة خصائص المواد المازة باستخدام تحليلات SEM، FTIR و XPS على التوالي. يتم إجراء مجموعة من تجارب الامتزاز للتحقق من تأثير الأس الهيدروجيني وتركيز الملوثات الأولية ووقت التلامس ودرجة الحرارة. تُظهر ألياف الكربون المشتقة من مسامير زهرة *Cortaderia selloana* أداء إزالة MB المحسن مع قدرة امتزاز قصوى تبلغ 114.3 ملغ/غ. يمكن تعريف متساوي الامتزاز بشكل أفضل من خلال نموذج لونجمير من النماذج الأخرى. تتبع حركية الامتزاز نموذج الدرجة شبه الثانية. تشير القيمة السالبة لـ  $\Delta G^\circ$  والقيمة الموجبة لـ  $\Delta H^\circ$  إلى الطبيعة التلقائية والمقاومة للحرارة لامتزاز صبغة أزرق الميثيلين [60].

- عام 2014، قام *Rana Kabbout* وآخرون باستخدام الكتلة الحيوية الفطرية الميتة كمادة جديدة لمعالجة النفايات السائلة الصناعية الملونة عن طريق الامتزاز الحيوي، حيث درسوا قدرة الامتزاز الحيوي للميثيلين الأزرق (MB) بواسطة *Aspergillus fumigatus* وتحسين الظروف لامتزاز أفضل. يصل الامتزاز البيولوجي إلى 68% عند 120 دقيقة. وبالمثل، تصل كمية الامتزاز الحيوي حتى 65% مع الأس الهيدروجيني من 4 إلى 6، كما تبلغ حوالي 90% للأس الهيدروجيني من 7 إلى 13. عند درجة الحرارة الطبيعية 20-22 درجة مئوية، كانت النسبة المئوية للامتزاز الحيوي لأزرق الميثيلين هي الأمثل. في هذه الدراسة، لتركيز أولي قدره 12 ملغ/ل من MB (نسبة الامتزاز الحيوي/المحلول = 2 غ/ل) ووقت التلامس 120 دقيقة، يحدث الامتزاز الحيوي في درجة حرارة محيطية ويصل إلى 93.5% تحت هذه الشروط<sup>[61]</sup>.

- عام 2012، قام *Aparna Roy* وآخرون بدراسة الكتلة الحيوية اللجينية السليلوزية (JF) لامتزاز صبغة الأزو الأنيونية من المحلول المائي. تم العثور على قدرة امتزاز قصوى (29.697 ملغ/غ) في ظل الظروف المثلى للمتغيرات (الرقم الهيدروجيني 3.91، جرعة الممتزات 2.04 غ/ل، تركيز الممتزات 244.05 ملغ/غ، ودرجة الحرارة 30 درجة مئوية)، كما تنبأ RSM لتكون قريبة جداً إلى القيمة المحددة تجريبياً (28.940 ملغ/غ). تم الكشف عن طبيعة الامتزاز الطاردة للحرارة والتلقائية من دراسة الديناميكا الحرارية. كانت بيانات امتزاز التوازن ملائمة بدرجة كبيرة مع متساوي الحرارة لونجمير ينتج  $R=0.999$ . كشفت الدراسات الحركية أن الامتزاز اتبع نموذج الدرجة شبه الثانية فيما يتعلق بالانتشار داخل الجسيمات. تم حساب معاملات التنشيط لعملية الامتزاز باستخدام معادلات Eyring و Arrhenius<sup>[62]</sup>.



# المراجع

- [1] Calero, M., I´ anez-Rodríguez, ~ I., P´ erez, A., Martín-Lara, M.A., Bl´ azquez, G., 2018. Neural fuzzy modelization of copper removal from water by biosorption in fixed-bed columns using olive stone and pinion shell. *Bioresour. Technol.* 252, 100–109.
- [2] Azari, A., Noorisepehr, M., Dehghanifard, E., Karimyan, K., Hashemi, S.Y., Kalhori, E.M., Norouzi, R., Agarwal, S., Gupta, V.K., 2019. Experimental design, modeling and mechanism of cationic dyes biosorption on to magnetic chitosan-glutaraldehyde composite. *Int. J. Biol. Macromol.* 131, 633–645.
- [3] Qadri, R., Faiq, M.A., 2020. Freshwater pollution: effects on aquatic life and human health. In: Qadri, H., Bhat, R.A., Mehmood, M.A., Dar, G.H. [Eds.], *Fresh Water Pollution Dynamics and Remediation*. Springer Singapore, Singapore, pp. 15–26.
- [4] Jain, P., Srikanth, S., Kumar, M., Sarma, P.M., Singh, M.P., Lal, B., 2019. Electrochemical sulfur production from treating petroleum produced water. *J. Water Process Eng.* 28, 190–194.
- [5] Bo, J., Zheng, R., Kuang, W., Hong, F., Xie, Q., Zhang, Y., 2017. The use of rockfish *Sebastes marmoratus* as a sentinel species to assess petroleum hydrocarbons pollution: a case study in Quanzhou Bay, China. *Mar. Pollut. Bull.* 124 [2], 984–992.
- [6] Gao, S., Liang, J., Teng, T., Zhang, M., 2019. Petroleum contamination evaluation and bacterial community distribution in a historic oilfield located in loess plateau in China. *Appl. Soil Ecol* 136, 30–42.
- [7] Abaya, L.M., Wiegner, T.N., Beets, J.P., Colbert, S.L., Carlson, K.a.M., Kramer, K.L., 2018a. Spatial distribution of sewage pollution on a Hawaiian coral reef. *Mar. Pollut. Bull.* 130, 335–347.
- [8] Ahmed, W., Payyappat, S., Cassidy, M., Besley, C., Power, K., 2018. Novel crAssphage marker genes ascertain sewage pollution in a recreational lake receiving urban stormwater runoff. *Water Res.* 145, 769–778.
- [9] Abaya, L.M., Wiegner, T.N., Colbert, S.L., Beets, J.P., Carlson, K.a.M., Kramer, K.L., Most, R., Couch, C.S., 2018b. A multi-indicator approach for identifying shoreline sewage pollution hotspots adjacent to coral reefs. *Mar. Pollut. Bull.* 129 [1], 70–80.
- [10] Ozdemir, ~ S., Mohamedsaid, S.A., Kılınc, E., Soylak, M., 2019. Magnetic solid phase extractions of Co[II] and Hg[II] by using magnetized *C. micaceus* from water and food samples. *Food Chem.* 271, 232–238.

- [11] Dallel, R., Kesraoui, A., Seffen, M., 2018. Biosorption of cationic dye onto "Phragmitesaustralis" fibers: characterization and mechanism. *J. Environ. Chem. Eng.* 6 [6],7247–7256.
- [12] Nguyen, M.L., Huang, C., Juang, R.-S., 2016. Synergistic biosorption between phenol andnickel[II] from Binary mixtures on chemically and biologically modified chitosan beads. *Chem. Eng. J.* 286, 68–75.
- [13] Pavithra, K.G., P, S.K., J, V., P, S.R., 2019. Removal of colorants from wastewater: a review on sources and treatment strategies. *J. Ind. Eng. Chem.* 75, 1–19.
- [14] Har Bhajan, S., Bharati, K.A., 2014. 5 - preparation of fiber for dyeing. In: Har Bhajan, S.,Bharati, K.A. [Eds.], *Handbook of Natural Dyes and Pigments*. Woodhead Publishing India, pp. 29–32.
- [15] Li, B., Ren, Z., 2020. Superior adsorption of direct dye from aqueous solution by Y[III]-Chitosan-Doped fly ash composite as low-cost adsorbent. *J. Polym. Environ.* 28 [6],1811–1821.
- [16] Fontana, I.B., Peterson, M., Cechinel, M.A.P., 2018. Application of brewing waste as biosorbent for the removal of metallic ions present in groundwater and surface waters from coal regions. *J. Environ. Chem. Eng.* 6 [1], 660–670.
- [17] Sakin Omer, O., Hussein, M.A., Hussein, B.H.M., Mgaidi, A., 2018. Adsorption thermodynamics of cationic dyes [methylene blue and crystal violet] to a natural clay mineral from aqueous solution between 293.15 and 323.15 K. *Arab. J. Chem.* 11 [5], 615–623.
- [18] Reck, I.M., Paixao, ~ R.M., Bergamasco, R., Vieira, M.F., Vieira, A.M.S., 2018. Removal of tartrazine from aqueous solutions using adsorbents based on activated carbon and Moringa oleifera seeds. *J. Clean. Prod.* 171, 85–97.
- [19] Kausar, A., Iqbal, M., Javed, A., Aftab, K., Nazli, Z.-i.-H., Bhatti, H.N., Nouren, S., 2018. Dyes adsorption using clay and modified clay: a review. *J. Mol. Liq.* 256, 395–407.
- [20] Pavithra, K.G., P, S.K., J, V., P, S.R., 2019. Removal of colorants from wastewater: a review on sources and treatment strategies. *J. Ind. Eng. Chem.* 75, 1–19.

- [21] Peres, E.C., Slaviero, J.C., Cunha, A.M., Hosseini–Bandegharai, A., Dotto, G.L., 2018. Microwave synthesis of silica nanoparticles and its application for methylene blue adsorption. *J. Environ. Chem. Eng.* 6 [1], 649–659.
- [22] Elwakeel, K.Z., Elgarahy, A.M., Guibal, E., 2021b. A biogenic tunable sorbent produced from upcycling of aquatic biota-based materials functionalized with methylene blue dye for the removal of chromium[VI] ions. *J. Environ. Chem. Eng.*, 104767.
- [23] El-Moselhy, M.M., Kamal, Soha M., 2018. Selective removal and preconcentration of methylene blue from polluted water using cation exchange polymeric material. *Groundw. Sustain. Dev.* 6, 6–13.
- [24] Lyu, H., Gao, B., He, F., Zimmerman, A.R., Ding, C., Tang, J., Crittenden, J.C., 2018. Experimental and modeling investigations of ball-milled biochar for the removal of aqueous methylene blue. *Chem. Eng. J.* 335, 110–119.
- [25] Thanh Tu, N.T., Thien, T.V., Du, P.D., Thanh Chau, V.T., Mau, T.X., Khieu, D.Q., 2018. Adsorptive removal of Congo red from aqueous solution using zeolitic imidazolate framework–67. *J. Environ. Chem. Eng.* 6 [2], 2269–2280.
- [26] Aliabadi, R.S., Mahmoodi, N.O., 2018. Synthesis and characterization of polypyrrole, polyaniline nanoparticles and their nanocomposite for removal of azo dyes; sunset yellow and Congo red. *J. Clean. Prod.* 179, 235–245.
- [27] Deng, L., Zeng, H., Shi, Z., Zhang, W., Luo, J., 2018. Sodium dodecyl sulfate intercalated and acrylamide anchored layered double hydroxides: a multifunctional adsorbent for highly efficient removal of Congo red. *J. Colloid Interface Sci.* 521, 172–182.
- [28] Alonso-Magdalena, P., Tudurí, E., Marroquí, L., Quesada, I., Sargis, R.M., Nadal, A., 2019. Toxic effects of common environmental pollutants in pancreatic  $\beta$ -cells and the onset of diabetes mellitus. In: Huhtaniemi, I., Martini, L. [Eds.], *Encyclopedia of Endocrine Diseases*, second ed. Academic Press, Oxford, pp. 764–775. Amin, M., Chetpattananondh, P., 2019. Biochar from extracted marine Chlo.
- [29] Chen, B., Zhao, H., Chen, S., Long, F., Huang, B., Yang, B., Pan, X., 2019. A magnetically recyclable chitosan composite adsorbent functionalized with EDTA for simultaneous capture of anionic dye and heavy metals in complex wastewater. *Chem. Eng. J.* 356, 69–80.

- [30] Richards, S., Dawson, J., Stutter, M., 2019. The potential use of natural vs commercial biosorbent material to remediate stream waters by removing heavy metal contaminants. *J. Environ. Manag.* 231, 275–281.
- [31] Isildar, A., van Hullebusch, E.D., Lenz, M., Du Laing, G., Marra, A., Cesaro, A., Panda, S., Akcil, A., Kucuker, M.A., Kuchta, K., 2019. Biotechnological strategies for the recovery of valuable and critical raw materials from waste electrical and electronic equipment [WEEE] – a review. *J. Hazard Mater.* 362, 467–481.
- [32] Gupta, N.K., Sengupta, A., Gupta, A., Sonawane, J.R., Sahoo, H., 2018. Biosorption- an alternative method for nuclear waste management: a critical review. *J. Environ. Chem. Eng.* 6 [2], 2159–2175.
- [33] Krstić, V., Urošević, T., Pešovski, B., 2018. A review on adsorbents for treatment of water and wastewaters containing copper ions. *Chem. Eng. Sci.* 192, 273–287.
- [34] Gupta, N.K., Gupta, A., Ramteke, P., Sahoo, H., Sengupta, A., 2019. Biosorption- a green method for the preconcentration of rare earth elements [REEs] from waste solutions: a review. *J. Mol. Liq.* 274, 148–164.
- [35] Demey, H., Barron-Zambrano, J., Mhadhbi, T., Miloudi, H., Yang, Z., Ruiz, M., Sastre, A.M., 2019. Boron removal from aqueous solutions by using a novel alginate-based sorbent: comparison with Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles. *Polymers* 11 [9], 1509.
- [36] Fomina, M., Gadd, G.M., 2014. Biosorption: current perspectives on concept, definition and application. *Bioresour. Technol.* 160, 3–14.
- [37] Elwakeel, K.Z., El-Sadik, H.A., Abdel-Razek, A.S., Beheary, M.S., 2012. Environmental remediation of thorium[IV] from aqueous medium onto Cellulosimicrobium cellulans isolated from radioactive wastewater. *Desalin. Water Treat.* 46 [1–3], 1–9.
- [38] Elwakeel, K.Z., 2010. Environmental application of chitosan resins for the treatment of water and wastewater: a review. *J. Dispersion Sci. Technol.* 31 [3], 273–288.
- [39] Gupta, N.K., Gupta, A., Ramteke, P., Sahoo, H., Sengupta, A., 2019. Biosorption- a green method for the preconcentration of rare earth elements [REEs] from waste solutions: a review. *J. Mol. Liq.* 274, 148–164
- [40] Hespanhol, I., Prost, A., 1994. WHO guidelines and national standards for reuse and water quality. *Water Res.* 28 [1], 119–124.

- [41] Almughamisi, M.S., Khan, Z.A., Alshitari, W., Elwakeel, K.Z., 2020. Recovery of chromium[VI] oxyanions from aqueous solution using Cu[OH]<sub>2</sub> and CuO embedded chitosan adsorbents. *J. Polym. Environ.* 28 [1], 47–60.
- [42] Elwakeel, K.Z., El-Sayed, G.O., Abo El-Nassr, S.M., 2015. Removal of ferrous and manganous from water by activated carbon obtained from sugarcane bagasse. *Desalin. Water Treat* 55 [2], 471–483.
- [43] Jung, K.-W., Lee, S.Y., Choi, J.-W., Lee, Y.J., 2019. A facile one-pot hydrothermal synthesis of hydroxyapatite/biochar nanocomposites: adsorption behavior and mechanisms for the removal of copper[II] from aqueous media. *Chem. Eng. J.* 369,529–541.
- [44] Qi, X., Liu, R., Chen, M., Li, Z., Qin, T., Qian, Y., Zhao, S., Liu, M., Zeng, Q., Shen, J., 2019. Removal of copper ions from water using polysaccharide-constructed hydrogels. *Carbohydr. Polym.* 209, 101–110
- [45] Ahmed, W., Payyappat, S., Cassidy, M., Besley, C., Power, K., 2018. Novel crAssphagemarker genes ascertain sewage pollution in a recreational lake receiving urban stormwater runoff. *Water Res.* 145, 769–778.
- [46] Toumi, K.-H., Benguerba, Y., Erto, A., Dotto, G.L., Khalfaoui, M., Tiar, C., Nacef, S., Amrane, A., 2018. Molecular modeling of cationic dyes adsorption on agricultural Algerian olive cake waste. *J. Mol. Liq.* 264, 127–133.
- [47] Arslanoglu, H., 2021. Production of low-cost adsorbent with small particle size from calcium carbonate rich residue carbonatation cake and their high performance phosphate adsorption applications. *J. Mater. Res. Technol.* 11, 428–447.
- [48] Fontana, I.B., Peterson, M., Cechinel, M.A.P., 2018. Application of brewing waste as biosorbent for the removal of metallic ions present in groundwater and surface waters from coal regions. *J. Environ. Chem. Eng.* 6 [1], 660–670.
- [49] Lin, P.-Y., Wu, H.-M., Hsieh, S.-L., Li, J.-S., Dong, C., Chen, C.-W., Hsieh, S., 2020. Preparation of vaterite calcium carbonate granules from discarded oyster shells as an adsorbent for heavy metal ions removal. *Chemosphere* 254, 126903.
- [50] Hu, Y., Guo, X., Wang, J., 2020b. Biosorption of Sr<sup>2+</sup> and Cs<sup>+</sup> onto *Undaria pinnatifida*: isothermal titration calorimetry and molecular dynamics simulation. *J. Mol. Liq.* 319, 114146.

- [51] Hu, Y., Guo, X., Wang, J., 2020b. Biosorption of  $Sr^{2+}$  and  $Cs^{+}$  onto *Undaria pinnatifida*: isothermal titration calorimetry and molecular dynamics simulation. *J. Mol. Liq.* 319, 114146.
- [52] Sulyman, M., Namiesnik, J., Gierak, A., 2017. Low-cost adsorbents derived from agricultural by-products/wastes for enhancing contaminant uptakes from wastewater: a review. *Pol. J. Environ. Stud.* 26 [3].
- [53] Joseph, L., Jun, B.-M., Flora, J.R.V., Park, C.M., Yoon, Y., 2019. Removal of heavy metals from water sources in the developing world using low-cost materials: a review. *Chemosphere* 229, 142–159.
- [54] Elwakeel, K.Z., El-Sayed, G.O., Abo El-Nassr, S.M., 2015. Removal of ferrous and manganous from water by activated carbon obtained from sugarcane bagasse. *Desalin. Water Treat* 55 [2], 471–483.
- [55] Ghazali, A., Shirani, M., Semnani, A., Zare-Shahabadi, V., Nekoeinia, M., 2018. Optimization of crystal violet adsorption onto Date palm leaves as a potent biosorbent from aqueous solutions using response surface methodology and ant colony. *J. Environ. Chem. Eng.* 6 [4], 3942–3950.
- [56] Moreira, V.R., Lebron, Y.A.R., Freire, S.J., Santos, L.V.S., Palladino, F., Jacob, R.S., 2019. Biosorption of copper ions from aqueous solution using *Chlorella pyrenoidosa*: optimization, equilibrium and kinetics studies. *Microchem. J.* 145, 119–129.
- [57] Fomina, M., Gadd, G.M., 2014. Biosorption: current perspectives on concept, definition and application. *Bioresour. Technol.* 160, 3–14.
- [58] Bayramoglu, Gulay, et al. Preparation of effective green sorbents using *O. Princeps* alga biomass with different composition of amine groups: Comparison to adsorption performances for removal of a model acid dye. *Journal of Molecular Liquids*, 2022, 347: 118375.
- [59] Moghazy, Reda M. Activated biomass of the green microalga *Chlamydomonas variabilis* as an efficient biosorbent to remove methylene blue dye from aqueous solutions. *Water Sa*, 2019, 45.1: 20-28.
- [60] Jia, Zhigang, *et al.* Adsorption of low-cost absorption materials based on biomass (*Cortaderia selloana* flower spikes) for dye removal: kinetics, isotherms and thermodynamic studies. *Journal of Molecular Liquids*, 2017, 229: 285-292.

[61] KABBOUT, Rana; TAHA, Samir. Biodecolorization of textile dye effluent by biosorption on fungal biomass materials. *Physics Procedia*, 2014, 55: 437-444.

[62] ROY, Aparna, *et al.* Adsorption of anionic-azo dye from aqueous solution by lignocellulose-biomass jute fiber: equilibrium, kinetics, and thermodynamics study. *Industrial & engineering chemistry research*, 2012, 51.37: 12095-12106.



# الفصل الثاني

## نبذة تاريخية:

تعتبر العائلة النجيلية Gramineae هي إحدى أشهر الفصائل في احاديات الفلقة من النباتات المزهرة، تضم نحو 620 جنسا وحوالي 10000 نوعا، تنتشر زراعتها في جميع أجزاء العالم وتكون حولية، معمرة أو عشبية عادة وتصنف محاصيل الحبوب إلى محاصيل شتوية تزرع في فصل الخريف وتنمو أساسا في فصل الشتاء مثل القمح والشعير والشوفان، ومحاصيل صيفية تحتاج إلى درجات حرارة أعلى، لذلك تزرع في فصل الربيع وتنمو في فصل الصيف مثل الذرة الصفراء والبيضاء، وتعد محاصيل الحبوب اساس تغذية الإنسان على المستوى العالمي [1].

كما يعتبر القمح من اهم المحاصيل الاقتصادية في العالم حيث لعب هذا المحصول الاقتصادي الهام دورا كبيرا في تقدم البشرية منذ العصور القديمة، وحاليا من أكثر استخداما في غذاء الانسان والحيوان ويستخدم في صناعة العجائن الغذائية في جميع أنحاء العالم [2].

## 1. تعريف القمح:

القمح هو نبات عشبي حولي ينتمي الى النباتات الزهرية ذوات الفلقة الواحدة تابع للعائلة النجيلية Gramineae و جنس Triticum الذي بدوره يضم عدة أنواع أشهرها القمح الصلب Triticum durum والقمح اللين Triticum aestivum [3] كما يعد القمح من نباتات النهار الطويل وذاتي التلقيح، بحيث يتم داخل الوريقتين المحيطتين بزهرة النبتة ويحدث قبل ظهور الأسدية إلى الخارج.

يتراوح وزن حبة القمح ما بين 45 الى 60 ملغ ذات شكل متطاوول تقريبا وتعتبر عند النضج ثمرة لا تنفتح لأن الجدار الرقيق يلتصق بالبذرة ويكون متحدا مع العشاء البذري الذي يدعى القصيرة [4].

## 2. الأصل الجغرافي لنبات القمح:

يعتقد أن الأصل الجغرافي للقمح يتمركز ضمن المناطق الغربية لإيران، شرق العراق، وجنوب شرق تركيا. ويعد القمح أحد أوائل المحاصيل التي زرعت وحصدت من قبل الإنسان منذ حوالي 7000 إلى 10000 سنة ضمن منطقة الهلال الخصيب بالشرق الأوسط [5]. ثم انتشرت زراعة القمح إلى الشرق الأوسط، شمال إفريقيا، آسيا، ثم في القارة الأمريكية ودخل إلى أستراليا في حدود سنة 1790 م [6].

## 3. تصنيف القمح:

## 1.3. التصنيف الوراثي للقمح الصلب:

صنف حسب عبد المجيد وآخرون (1975) على أساس عدد الكروموزومات إلى ثلاث مجاميع وتتمثل في:

1.1.3 الأقمح الثنائية Diploides: وتكون ثنائية المجموعة الكروموزومية (Diploides: 2n = 81).

2.1.3 الأقماع الرباعية Tetraploides: بها 04 أزواج من الكروموزومات اي أنها رباعية المجموعة الكروموزومية. (Tétraploïdes:  $2n = 28$ ).

3.1.3 الأقماع السداسية Hexaploides: وهي سداسية المجموعة الكروموزومية Hexaploïdes:  $(2n = 42)$  [6].

اما عبود 2008 فأقر ان هناك 3 أنواع فقط تشكل أكثر من 90 % من القمح المزروع عالميا تشمل هذه الأنواع:

- **Triticum aestivum** قمح سداسي: يسمى القمح العادي أو قمح الخبز أو الطري، وتنتشر زراعة في مختلف أنحاء العالم، والسنبلة تحتوي على (3-6) زهرات وتنتج (2-5) حبات.
- **Triticum durum** قمح رباعي: يسمى القمح الصلب ويزرع في بعض الدول العربية وحوض البحر الأبيض المتوسط، والسنبلة تحتوي على (3-6) زهرات وتنتج (2-5) حبات.
- **Triticum compactum** قمح سداسي: يسمى القمح المزدهم، يزرع في بعض أقطار جنوب غرب آسيا وأمريكا، والسنبلة تحتوي (5-6) زهرات وتنتج (3-4) حبات صغيرة الحجم [7].

### 2.3 التصنيف العلمي لنبات القمح الصلب Durum Triticum:

يتم تصنيف القمح الصلب في المملكة النباتية كما هو موضح في الجدول التالي:

الجدول 01. تصنيف نبات القمح الصلب [8].

(APG III. , (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group-classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanical Journal of the Linnean Society)

النباتات الزهرية Permatophyta	الشعبة Embranchement
تحت شعبة مغطات البذور Angiospermae	تحت شعبة Sous Embranchement
احاديات الفلقة Monocotylédoneae	صنف Classe
القنبيات Poales	رتبة Ordre
النجليات Poacea	عائلة Famille
القمح Triticum	جنس Genre
القمح الصلب Triticum durum	نوع Espèce

3.3. تصنيف الأقماع حسب مواسم الزرع:

تصنف الأقمح حسب مواسم زراعتها الى ثلاث أصناف:

### 1.3.3. الأقمح الشتوية Les blés d'hiver :

تتراوح دورة نموها من 9 إلى 11 شهر وتتم زراعتها في الخريف وتحصد في الربيع والصيف وهي أكثر تحملا للبرد، كما تتعرض هذه الأقمح إلى فترة إرتباع تحت درجة حرارة منخفضة من 1 إلى 5°م<sup>[9]</sup>.

### 2.3.3. الأقمح الربيعية Les blés de printemps :

تتراوح دورة نموها من 3 إلى 6 أشهر بحيث لا تستطيع العيش في درجة حرارة منخفضة، إن قسوة الشتاء في بعض الدول تعوق زراعة الحبوب في هذا الفصل لذلك يتم زراعة الحبوب مبكرا في الربيع ليتم حصاده في أوائل الخريف<sup>[10]</sup>.

### 3.3.3. الأقمح الاختيارية Les alternatives blés :

هي أقمح وسيطة بين الأقمح الشتوية والربيعية وتتميز بأنها مقاومة للبرودة<sup>[11]</sup>.

### 4.3. التصنيف حسب كمية البروتين:

يصنف القمح حسب كمية البروتين الى نوعين هما:

**1.4.3 قمح صلب:** وفيه تزداد كمية البروتين، وحسب محمد وحسان تمتاز بذوره بغناها بمادة الجلوتين gluten ويستخدم في صناعة العجائن الغذائية.

**2.4.3 قمح لين:** وتقل فيه نسبة البروتين وترتفع نسبة النشاء، وهو النوع المفضل في صناعة الخبز<sup>[12-13]</sup>

### 4. دورة حياة نبات القمح:

تمر دورة حياة القمح بثلاث أطوار أساسية:

#### 1.4. الطور الخضري (الإعاشي):

ويشمل هذا الطور عدة مراحل:

##### 1.1.4. مرحلة الإنبات:

تبدأ مرحلة الإنبات بمرور البذور من الحياة البطيئة إلى الحياة النشطة وذلك بتوفر الظروف الداخلية والخارجية الملائمة<sup>[14]</sup>، فعند توفر الظروف الداخلية والخارجية عند وضع البذرة في التربة تمتص

الماء فتنفخ ويتمزق غشاء البذرة في مستوى الجنين وتظهر كتلة بيضاء في منطقة الكوليوريز وغلاف يحمي الجذير وتخرج إلى أن تصل إلى 7 جذور أولية تكون محاطة بشعيرات خاصة وفي نفس الفترة تستطيل الريشة<sup>[15]</sup>.



الشكل 01. مرحلة الانبات في الطور الخضري لنبات القمح.

(كيال حامد، (1979). محاصيل الحبوب والبقول، جامعة دمشق سوريا، ص 11. 230.)

#### 2.1.4 مرحلة بداية الإشطاء:

تبدأ مرحلة الإشطاء عند ظهور الورقة الثالثة للنبته الفتية، وتتكون الساق الرئيسية في قاعدة الورقة الأولى والفرع الثاني في قاعدة الورقة الثانية وهكذا. ويتوقف عدد الإشطاءات المنتجة بنوعية الصنف؛ المناخ؛ التغذية المعدنية والمائية للنبات وكذلك كثافة الزرع<sup>[16]</sup>.



الشكل 02. رسم توضيحي لمرحلة التجذير و الإشطاء.

(Masle Meynard J., (1981). Relation entre croisement et développement pendant la montaison d'un peuplement de blé d'hiver, influence des conditions de nutrition. Agronomie.1 (5), P: 621)

#### 3.1.4 مرحلة بداية الصعود:

تتميز هذه المرحلة بتشكيل الإشطاء وبداية نمو البراعم المتميزة في ابط الورقة الأولى التي تعطي برعم الساق الرئيسية<sup>[17]</sup>، تمثل نهاية الإشطاء نهاية المرحلة الخضرية، والتي تشير إلى بداية المرحلة التكاثرية<sup>[18]</sup>.

#### 2.4. الطور التكاثري:

حسب (Soltner, 1980) فإن هذا الطور يشمل تشكيل ونمو السنبل و قد لاحظ نفس الباحث بأن المادة الجافة المتكونة خلال هذا الطور تتراكم كلية لتكوين المخزون، وقد تبين أن مدة هذه الفترة تتغير في حدود 08 أيام، وينقسم هذا الطور إلى مرحلتين أساسيتين<sup>[19]</sup>:

#### 1.2.4 مرحلة الصعود والانتفاخ:

تتميز هذه المرحلة بتطاول السلميات التي تشكل الساق وأثناء هذه المرحلة تتنافس الأشطاء الصاعدة الحاملة للسنايل مع الأشطاء العشبية من أجل عوامل الوسط. وتؤثر هذه الظاهرة على الأشطاء الفتية وتؤدي إلى توقف نموها<sup>[20]</sup>.

تنتهي مرحلة الصعود عندما تأخذ السنبل شكلها النهائي داخل غمد الورقة التوجيهية المنتفخة والتي توافق مرحلة الانتفاخ<sup>[21]</sup>.

#### 2.2.4 مرحلة الإسبال والإزهار:

حسب [22] يتحدد التسنبل بخروج السنبل من غمد الورقة الأخيرة، تزهو السنابل عموماً خلال فترة تمتد ما بين 4 إلى 8 أيام بعد مرحلة الإسبال. ويتمثل الإزهار في ظهور أكياس اللقاح من السنبيلات بداية بوسط السنبل ثم يشمل البقية في المرحلة الخضريّة يكون عدد السنبيلات ضمن السنبل الواحدة بين 20 و30 سنبيلة.

وأشار (Abbassenne., 1989) إلى أن درجات الحرارة المنخفضة خلال مرحلة الإسبال تسبب في خفض خصوبة السنابل [23].



الشكل 03. رسم توضيحي لأطوار نمو القمح [24].

(Soltner ,1980. .Les Grands Production Végétale , Le Biologie Et Collection Technologie Agricole. Et)

### 3.4. طور النضج وتكوين الحبة:

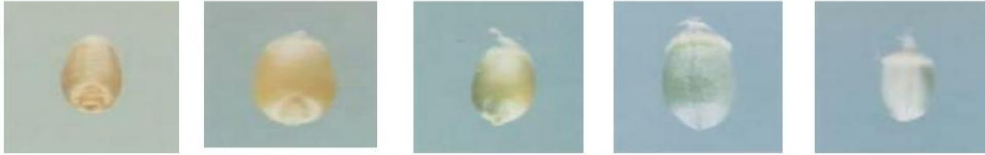
حسب (Barbottin *et al.*, 2005 ; Gate, 1995) تتراكم مواد التخزين (النشاء والبروتين) الناتجة عن عملية التركيب الضوئي وانتقالها إلى سويداء الحبة والجنين ويتم تكوين الحبة على 3 مراحل وهي [25]- [26].

1.3.4 مرحلة الحبة الحليبية: تتميز بزيادة الوزن الجاف للحبة كذلك زيادة نسبة الماء، وتكون النورة في هذه المرحلة خضراء وفي شكلها النهائي أما السويداء فتكون حليبية.

2.3.4 مرحلة الحبة العجينية: يكتمل خلالها اصفرار النبات، أما الأوراق في السنابل والحبوب فتكون ممتلئة بمادة عجينية غير متصلبة.

3.3.4 مرحلة الحبة الناضجة: وفيها تأخذ الحبوب اللون الأصفر الذهبي ويجف النبات وتصبح القنابع والعصيفات هشة والحبوب صلبة.

### أطوار البلوغ ونضج الحبة في القمح



الشكل 04. طور النضج وتكوّن الحبة.

(Barbottin A., Lecomte C., Bouchard C., Jeuffroy M., (2005). Nitrogen during Grain Filling in Wheat. Crop science, vol. 45, P:1141– Remobilization 1150.)

#### 5. الوصف المورفولوجي لنبات القمح:

لقد أشار (كذلك م، 2000) أن نبات القمح يتكون من:

##### 1.5. الجذر:

توجد الجذور الجنينية وعددها خمسة وهي الجذير وزوجين من الجذور الجانبية وأحيانا تكون ستة أما الجذور العرضية تنشأ في محيطات من الجذور من منطقة التاج أو العقد السفلى للساق وفروعه تحت سطح التربة.

##### 2.5. الساق:

وهو عبارة عن ساق أسطوانية قائم في الأقماع الربيعية ومفترش في الأقماع الشتوية أملس أو خشن ذو سلاميات مجوفة وعقد مصمتة، عدد السلاميات في المتوسط ستة وهي غالبا بين 5 إلى 7 أغلبها مغلف وذلك بأغمد الأوراق التي تقوم بحماية السلاميات الغضة وتدعيمها أثناء النمو.

##### 3.5. الأوراق:

وهي الأوراق الخضرية في القمح مثل باقي النجيليات مرتبة على الساق بالتبادل في صفين متقابلين ودرجة الانفراج بين الأوراق المتتالية 180° إلا أن الورقة على البراقيل بزواوية 10° درجة، تتبعها

الأوراق الأخرى 180° بانفراج ويكون نتيجة ذلك أن مستوى ترتيب الأوراق على كل ساق يكون زاوية قائمة بمستوى ترتيبها على الساق والذي يسبقه<sup>[27]</sup>.

#### 4.5. النورة:

حسب (جاد، وآخرون 1975) إن السنبللة ذات محور متعرج يتكون من عدد من العقد ذو سلاميات قصيرة ضيقة القاعدة عريضة القمة أحد جانبيها محدب والأخر مسطح أو مقعر لدرجة ما قد تغطي حوافها بشعيرات مختلفة الطول والسنابل جالسة على المحور عند القمة العرضية<sup>[28]</sup>.

#### 5.5. الحبوب:

الحبة أو الثمرة تحت ويعلى بذرة واحدة جافة تختلف في الشكل والحجم والقوام وتوجد شعيرات في طرفي الحبة ويوجد الجنين داخل قاعدة الحبة<sup>[27]</sup> وقد قسمت حبة القمح حسب (Feillet, 2000) إلى 3 أجزاء:

**1.5.5. السويداء (L'albumen):** تتكون من سويداء نشوية وطبقة الأليرون وتشكل السويداء من 80 إلى 85% من البذرة.

#### 2.5.5. أغلفة البذرة (Les envelopes) :

يشكل من 13 إلى 17% من البذرة وهناك 5 أنسجة مختلفة: غلاف النيوسيل، خلايا متعامدة، الغلاف الجنيني، الغلاف الداخلي أو الخارجي، خلايا أنبوبية.

**3.5.5. الجنين (L'embryo):** يتكون من الجنين scutelleum ويشكل حوالي 3% من البذرة<sup>[29]</sup>.

#### 6. التركيب النسيجي والكيميائي لحبة القمح:

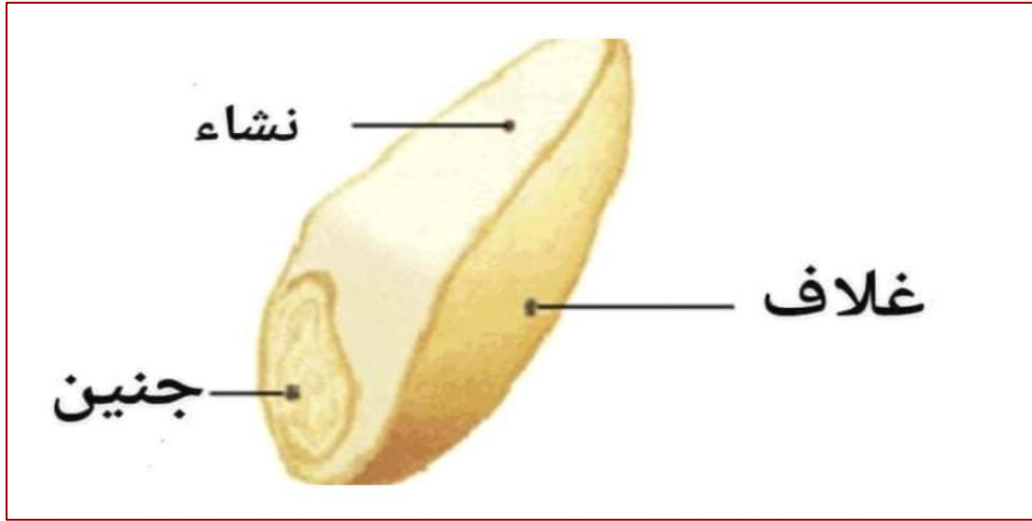
##### 1.6. التركيب النسيجي لحبة القمح:

تتكون حبة القمح من ثلاث أنواع من الأنسجة<sup>[30]</sup> (الشكل 5):

**1.1.6. جنين البذرة (L'embryon):** ناتج عن الجاميطات الذكرية أو الأنثوية حيث يحتوي جنين البذرة على أعلى نسبة من الليبيدات أو الفيتامينات كما يحتوي على أعلى نسبة من الرطوبة في الحبة الناضجة<sup>[31]</sup>.

**2.1.6. الاغلفة (Les enveloppes):** تتكون من 7 أنسجة متوضعة فوق بعضها البعض، كل نسيج من هذه الأنسجة له سمك وطبيعة مختلفة<sup>[30]</sup> ويوجد على التوالي من السطح الخارجي إلى الغلاف الداخلي المتكون من منطقة متوسطة (Mésocarpe) وأخرى داخلية Endocarpe، ثم الراس (La testa) وطبقة زجاجية (Hyaline).

3.1.6 السويداء (L'albumen): وهو النسيج الأكثر وفرة في الحبة يتكون من الالبومين (Albumen) اولاميلاز (amylacé) وخلايا طبقة الالورون (Aleurone).



الشكل 05. التكوين النسيجي لحبة القمح [32].

(Soltner D., (1998). Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles).

## 2.6. التركيب الكيميائي لحبة القمح:

يعتبر القمح مصدرا هاما للكربوهدرات، النشاء، الدهون والفيتامينات خصوصا فيتامين (B1 و B2) وبعض الأملاح المعدنية والجلوتينين (Gluteinin) والجلادين (Gliding) [33] حيث بينت (عشانتن، 1985) أن تركيب حبة القمح مقدر على أساس 01% من المادة الجافة كما هو موضح في الجدول التالي:

### الجدول 02. المحتوى الكيميائي لحبة القمح [34].

(عشانتن، 1985) تأثير نسبة الماء في التربة على بعض أصناف القمح المزروعة في الجزائر. مذكرة تخرج لنيل شهادة دراسات عليا D. E. S، جامعة قسنطينة. ص 4).

النسبة المئوية (%) من المادة الجافة	المادة التي تحتويها حبة القمح
14.3	مواد آزوتية (جلوتينين)
1.9	مواد دهنية
2	مواد معدنية

2.9	سيليلوز
3.2	سكر
7.4	بنتوزوات
63.8	ماء

حيث إشارة (Feillet, 2000) أن هذه المركبات تتوزع بطريقة غير متساوية داخل مختلف الأجزاء النسيجية للحبة كما يلي:

- السويداء L'albumen : تحتوي على النشاء.
- طبقة الالورون: غنية بالبروتينات والمواد المعدنية والبنتوزوات هي المركبات السائدة في الجدار الخلوي.
- غلاف الحبة: يحتوي خصوصا على البنتوزوات والسيليلوز.
- الجنين البذرة: غني بالبروتينات والليبيدات والسكريات الذائبة [35].

#### 7. بعض العوامل البيئية المؤثرة على دورة حياة نبات القمح:

##### 1.7. الحرارة:

يوافق القمح الجو معتدل البرودة أثناء أطوار النمو الأولي وكذلك معتدل الحرارة في أطوار النضج. وللمح القدرة على الإنبات في درجات الحرارة المنخفضة ويكون الإنبات بطيئا وكلما ارتفعت درجة الحرارة عن ذلك أسرعت النباتات في الظهور على سطح الأرض [36] يختلف تأثير درجات الحرارة غير الملائمة أثناء أطوار النمو، وتعتبر الفترة من التفرغ إلى مرحلة السنابل أحد الفترات الحرجة في حياة النبات [27].

##### 2.7. الإضاءة:

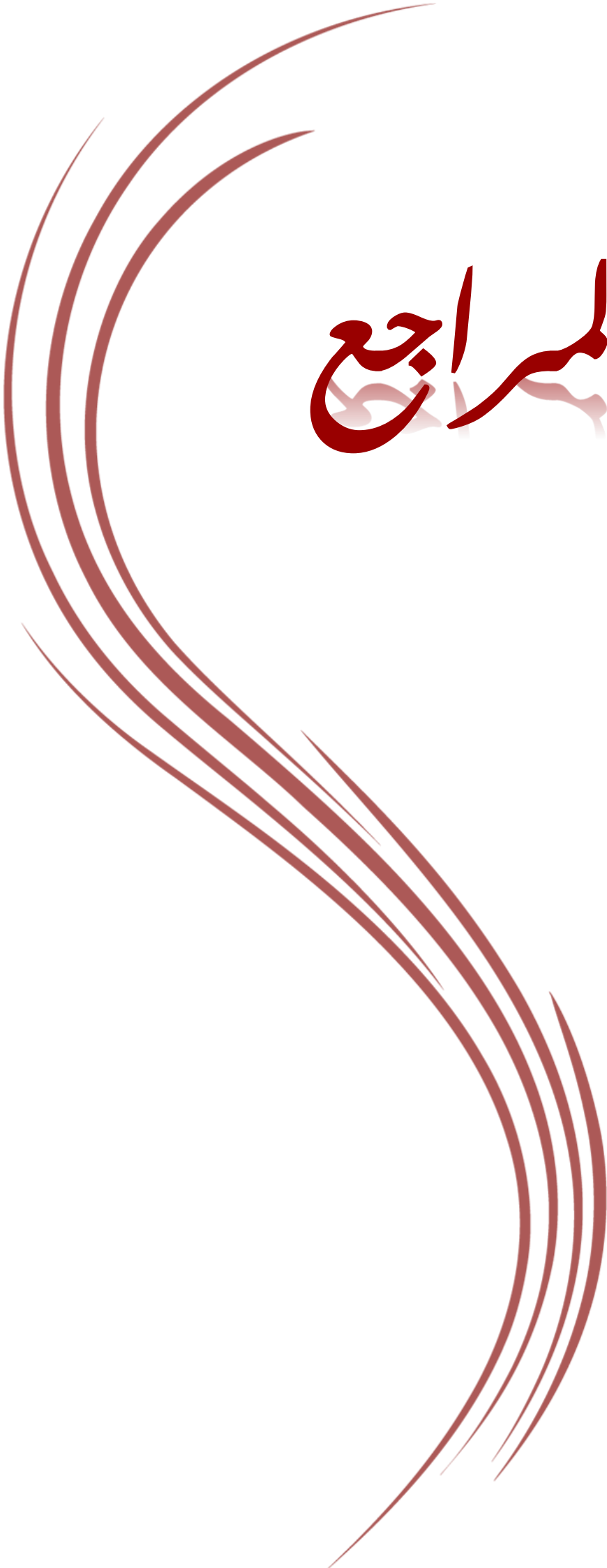
تؤدي الإضاءة إلى زيادة قدرة نبات القمح على التفرغ وزيادة كمية المادة الجافة، وقد وجد أن كمية المادة الجافة للإشطاء، الأغمد، الأنصال والسنابل تقلب زيادة كثافة التظليل. كما تنخفض قدرة نباتات القمح على امتصاص العناصر مثل النتروجين والفسفور عند تظليل النباتات، وتؤثر المدة الضوئية التي تتعرض لها نباتات القمح على طول الفترة اللازمة للإزهار [27].

##### 3.7. الرطوبة:

يعتبر كل من الماء والتربة من العوامل المهمة للحفاظ على إنتاج مضمون ومستمر من القمح، وتعتمد خاصية احتفاظ التربة بالماء على تحديد نوعية التربة المناسبة للزرع، والتي تمثل أحد العوامل المحددة

للإنتاجية [37] يتطلب نمو القمح توفر الرطوبة الدائمة خلال كل مراحل نموه، حيث يعتبر الماء من العوامل المحددة لنمو نبات القمح [38] وتزيد حاجة القمح إلى الماء في المناطق الجافة نظرا للظروف المناخية غير المناسبة للنمو والمسببة للإجهاد [39].

# المراجع



## ● المراجع باللغة العربية:

- [1] عباس لطيف عبد الرحمان، طيف عبد الرحمان، علي حسين عبده، حسين هادي محمد و ابراهيم خليل الاسود، (2008) مجلة الفتح كانون الاول، العدد السابع والثلاثون.
- [4] بارزياشي عادل، (1972). انتاج المحاصيل الحقلية، مطبعة الطبري، جامعة دمشق، سوريا.
- [6] عبد المجيد جاد، (1975). وصف وتركيب نباتات المحاصيل والحشائش.
- [7] عبود (2008). الكشف عن منظمات النمو (الجبريلين والاكسين) في نبات القمح، مجلة العلوم الزراعية العراقية، العراق.
- [9] الهلال ع، (2005). فسيولوجيا النبات تحت اجهادي الجفاف والملوحة. دار النشر العلمي والمطابع، المطبعة الثانية، الرياض، ص: 168-269
- [10] رمضان محمد، ماجد حبيب علام و ابراهيم رزق (2001). تكنولوجيا الحبوب والزيوت. كلية الزراعة. جامعة عين شمس. مصر. ص 11 ص 112.
- [12] الفت حسين الباجوري، عبد المقصود محروس المراكبي ومحمد سامي الحبال،(2001). تكنولوجيا المحاصيل. مركز التعليم المفتوح، ص 57-66 جامعة عين شمس.
- [13] محمد وليد اسود وحسان بشير الورع، (1982). علم النبات التقسيمي. مديرية الكتب والمطبوعات الجامعة. ص 345 ص 265،264.
- [14] شايب غ، (2012) شروط ومصير تراكم البرولين في الأنسجة النباتية تحت نقص الماء وانتقال صفة التراكم إلى الأجيال. رسالة دكتوراه، جامعة منتوري، قسنطينة، ص 235
- [15] كيال حامد، (1979). محاصيل الحبوب والبقول، جامعة دمشق سوريا، ص 11. 230.
- [27] كذلك م، 2000 زراعة القمح مؤسسة المعارف للطباعة والنشر بالإسكندرية جمهورية مصر العربية. ص 272
- [28] جاد ع. ا، 1975 وصف وتركيب نباتات المحاصيل والحشائش، دار المطبوعات الجديدة، حلب، سوريا.
- [34] عشاتن، 1985 تأثير نسبة الماء في التربة على بعض أصناف القمح المزروعة في الجزائر. مذكرة تخرج لنيل شهادة دراسات عليا D. E. S، جامعة قسنطينة. ص 4.

[36] أرحيم ع.، -2002 زراعة المحاصيل الحقلية، ISBN8: 977 03-0916 الإسكندرية، ص.306.

● المراجع باللغة الأجنبية:

[2] Cheftel J.C et Cheftel H., (1992). Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments .VI.Tec & Doc. Paris.Lavoisier: p 381.

[3] Benlaribi M., 1984-Facteur de productivité chez six variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.) cultivées en Algérie. Thèse de magistère, I.S.N, Université de Constantine, 18 - 9.

[5] Croston R.P. ,Williams J.T ,1981. Aworld Survey Of Wheat Gentic Resources IBRGR .Bulletin /80/ P: 59, 37.

[8] APG III. , (2009). An update of the Angiosperm Phylogeny Group- classification for the orders and families of flowering plants: APG III. Botanical Journal of the Linnean Society.

[11] Soltner D., (2005). Les grandes productions végétales. 20ème Edition. Collection science et techniques agricoles. p 472.

[16] Masle Meynard J., (1981). Relation entre croisement et développement pendant la montaison d'un peuplement de blé d'hiver, influence des conditions de nutrition. Agronomie.1 (5), P: 621.

[17] Soltner D., (1990). Phytotechnie spéciale, Les grandes productions végétales. Céréales, plantes sarclées, prairies. Sciences et Technique Agricoles éd. p 464.

[18] Gate P., (1995). Ecophysiologie du blé; Technique et documentation: Lavoisier, Paris. p 429, 351.

[19] Soltner D., (1980). La grande production végétale. P 20-30.

[20] Masle Meynard J., (1981). Relation entre croisement et développement pendant la montaison d'un peuplement de blé d'hiver, influence des conditions de nutrition. Agronomie.1 (5), P: 621.

[21] Barbottin A., Lecomte C., Bouchard C., Jeuffroy M., (2005). Nitrogen Remobilization during Grain Filling in Wheat. Crop science, vol. 45, P: 1141–1150.

- [22] Bahlouli F., Bouzerzour H., Benmahammed A., Hassous K.L., (2005). Selection of highyielding of durumwheat (*Triticum durum* Desf.) under semi arid conditions. *Journal of Agronomy* 4, pp: 360-365.
- [23] Abbassenne F., Bouzerzour H., Hachemi L., (1998). Phénologie et production du blé dur (*Triticum durum* Desf.) en zone semi-aride d'altitude. *Ann. Agron. INA*.18, P :24-36.
- [24] Soltner ,1980. .Les Grands Production Végétale , Le Biologie Et Collection Et Technologie Agricol.
- [25] Barbottin A., Lecomte C. , Bouchard C., Jeuffroy M., (2005). Nitrogen Remobilization during Grain Filling in Wheat. *Crop science*, vol. 45, P:1141–1150.
- [26] Gate P., (1995). *Ecophysiologie du blé; Technique et documentation: Lavoisier, Paris.* p 429, 351.
- [29] Feillet ,P, 2000. *Le grain De Blé ( Composition Et Utilisation ) ,INRA ,Paris*
- [30] Barron C., Surget A., Rouau X., (2007). Relative amounts of tissues in mature wheat (*Triticumaestivum* L.) grain and their carbohydrate and phenolicacid composition. *Journal of Cereal Science* 45, pp: 88-96.
- [31] Song HP, Delwiche SR, Line MJ, (1998). Moisture distribution in a mature soft wheat grain by three-dimension almagneticreson anceimaging. *Journal of Cereal Science* 27, pp: 191-197.
- [32] Soltner D., (1998). *Les grandes productions végétales : céréales, plantes sarclées, prairies. Sainte-Gemme-sur-Loire, Sciences et Techniques Agricoles.*
- [35] Feillet P., (2000). *Le grain de blé: composition et utilisation. Ed. INRA. Paris, pp: 17-18.*
- [37] Abdellaoui Z., Teskrat H., Belhadj A., Zaghouane O.,2011.*Etude Comparative De L'effet Du Travail Conventionnel, Semis Direct Et Travail Minimum Sur Le Comportement D'une Culture De Blé Dur Dans La Zone Subhumide. Zaragoza: CIHEAM/ATU-PAM/INRAA/ITGC/FERT Options Méditerranéenes: Série A. Séminaires Méditerranéens; (96): 71- 87.*
- [38] Soltner D. ,1988. *Les Grandes Productions Végétales. Les Collections Sciences Et Techniques Agricoles, 16 Eme Editions P:464.*
- [39] Loue A. ,1982. *Le Potassium Et Les Céréales. Dossier K2O, SCPA 22, P:40.*



# الفصل الثالث

## 1. مقدمة:

غالبًا ما تستخدم المواد الصلبة لاستخراج مواد معينة من المحاليل الغازية أو السوائل في عمليات التبييض أو التنقية، هذه العملية المعروفة بإسم علاج الامتزاز، تعتمد على نقل تفضيلي للمواد من مرحلة الغاز أو السائل على سطح الركيزة الصلبة.

وتعتبر ظاهرة الإمتزاز أداة مفيدة لتنقية وفصل أي مادة غير مرغوب فيها (شوائب)، حيث تطبق في الصناعات المختلفة (البتروولية، الكيمائية، الدوائية، إلخ)، وتساهم في حل مشاكل التلوث بما في ذلك المياه، وقد أجريت الكثير من البحوث لتطوير بدائل جديدة لتصنيع واستخدام مواد مازة اقتصادية مثل المواد الطبيعية أو من المنتجات الثانوية أو النفايات الصناعية التي تتطلب القليل من المعالجة، وهناك عدة تطبيقات لهذه المواد في معالجة المياه مثل نشارة الخشب والأطيان المعدنية.

وفقا للويبر وموريس، 1963 "أي مادة صلبة هي مادة مازة محتملة"، لكننا نبحث لاستغلاله من خلال تضخيمه باستخدام مادة مسامية عالية.

## 2. تعريف الإمتزاز:

هو ظاهرة سطحية تلقائية لتكثيف وتجمع جزيئات أو ذرات أو ايونات مادة معينة حرة أو ذائبة في السائل أو الغاز وتسمى بالمادة الممتزة (adsorbat)، على سطح صلب مسامي يدعى المادة المازة (adsorbent) مكونا طبقة جزيئية رقيقة واحدة على سطحه فيسمى في هذه الحالة الامتزاز أحادي الجزيئة Adsorption unimoléculaire، أو عدة طبقات أي يكون السمك بعدد الجزيئات فيسمى في هذه الحالة امتزاز متعدد الجزيئة Adsorption multimoléculaire، وهذا ناتج عن القوى الناشئة بين المادة الممتزة والسطح الماز فيزيائية كانت أو كيميائية مثل روابط فاندرفالس، الروابط الهيدروجينية، والقوى الكهربائية الساكنة وغيرها، إذ تعتمد درجة الإمتزاز على العلاقة بين مساحة السطح للمادة المازة وطبيعة وحجم المادة الممتزة، ومن أفضل المواد المازة استعمالا الفحم المنشط، السيليكا جال، الأطيان المعدنية.

وترافق عملية الإمتزاز تناقص في الطاقة الحرة ( $\Delta G$ ) للسطح الماز و الأنتروبي ( $\Delta S$ ) لان الجزيئات المادة الممتزة مقيدة بالسطح الماز وهذا ما يترتب عنه نقص في الأنتالبي ( $\Delta H$ ) حسب العلاقة الترموديناميكية التالية عند درجات حرارة معينة:

1-

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

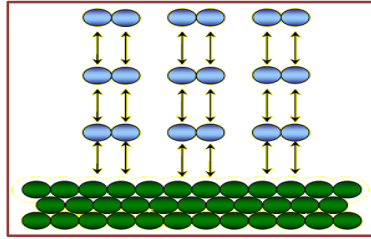
فمن خلال العلاقة نجد أن الأنتالبي يكون سالبا ومنه فعملية الامتزاز ناشرة للحرارة لكن هناك أنواع أخرى من الامتزاز ماصة للحرارة [2,1].

### 3. أنواع الامتزاز:

يصنف الامتزاز بالاعتماد على نوع وطبيعة القوى الناشئة بين المادة الممتزة وطبيعة السطح الماز الصلب سواء كانت هذه القوى روابط ضعيفة مثل فاندر فالس أو قوية كالروابط الكيميائية فضلا عن طبيعة النشاط الإلكتروني للسطح، وعليه يمكن تصنيفه إلى نوعين [3,4]:

#### 1.3. الامتزاز الفيزيائي:

يحدث هذا النوع من الامتزاز على سطوح بعض المواد الخاملة نظرا لتثبيح ذراتها إلكترونيا، نتيجة للروابط التي ترتبط بها هذه الذرات مع الجزيئات أو الأيونات التي تمتز على سطح الذرات المجاورة للمادة نفسها بقوى تجاذب طبيعية فيزيائية ضعيفة أو ما تسمى بروابط فاندر فالس ( Vander Walles force)، ونجد هذا النوع من الامتزاز في أغلب الأحيان في الأنظمة غير القطبية، فهو يحدث بكفاءة عالية في ظروف اعتيادية ودرجات حرارة منخفضة وبذلك فان طاقة تنشيطه منخفضة [5].

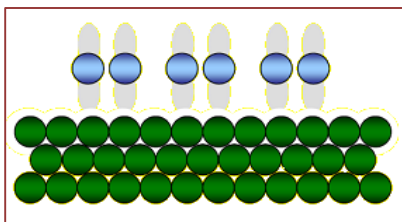


الشكل 01. مخطط الإمتزاز الفيزيائي.

(Moulay Rachid. Babaa, "Contribution à L'étude De L'adsorption Physique De Gaz sur Les Nanotubes De Carbone mono- et multi parois", Docteur, Université Henri Poincaré, Nancy – 1,2004.page 4et 5.)

#### 2.3. الامتزاز الكيميائي:

يحدث هذا النوع من الإمتزاز على السطوح النشطة غير المشبعة إلكترونيا، إذ تميل إلى تكوين روابط تساهمية مع الذرات أو الجزيئات أو الأيونات التي تمتز على السطح، حيث تحدث تفاعلات كيميائية مشكلة مركب كيميائي على سطوح المواد الصلب، وتشمل على تبادل أو مشاركة الإلكترونات بين السطح الماز والمادة الممتزة، وفي بعض الأحيان يحدث انتقال كامل للإلكترونات (حيث تفقد الذرة إلكتروناتها إلى السطح الماز وتتحول إلى أيون موجب على السطح الصلب أو أن يفقد السطح الماز إلكتروناته إلى المادة الممتزة ويتحول إلى أيون موجب) حيث يحتاج إلى طاقة تنشيط كبيرة.



الشكل 02. مخطط الإمتزاز الكيميائي.

## 4. مقارنة بين الإمتزاز الفيزيائي والإمتزاز الكيميائي:

في دراسات الإمتزاز مهما يكن تطبيقه من المناسب معرفة طبيعة هذا الإمتزاز إن كان فيزيائياً أم كيميائياً أو إن كان في بعض الحالات كلاهما، في الجدول أسفله قمنا بتلخيص أهم الفروقات بين نوعي الإمتزاز ينبغي التنبيه أنه لا تزال في بعض الفروقات المذكورة اختلافات بين الكثير من المراجع.

## الجدول 01. نقاط الاختلاف بين الإمتزاز الفيزيائي والإمتزاز الكيميائي.

الإمتزاز الكيميائي	الإمتزاز الفيزيائي
الروابط بين المادة الممتزة والسطح الماز عبارة عن روابط كيميائية قوية تتضمن إنتقال الإلكترونات	الروابط بين المادة الممتزة والسطح الماز عبارة عن روابط طبيعية ضعيفة
انتقائي (selective)	غير انتقائي (non-selective)
الطاقة الحرارية للإمتزاز تتراوح بين 40-400 kj/mol	الطاقة الحرارية للإمتزاز 40 kj/mol
يحتاج الوقت الكافي لحدوث التفاعل أي يمكن أن يكون سريع أو بطيء	يكون لحظي ولا يحتاج إلى وقت كبير للوصول إلى حالة الاتزان (قد يحدث في جزء بالمائة من الثانية)
لا يتم بطريقة انعكاسية فالطبقة الممتزة لا يمكن إزالتها بالطرق العادية إلا بالمعالجة الكيميائية	يتم بطريقة انعكاسية
يحدث في درجات حرارة تزيد عن درجات غليان المادة الممتزة	يحدث في درجات حرارة تقل أو تقترب من درجات غليان المادة الممتزة
يحدث عند درجات حرارة عالية ويقل بزيادتها	يحدث عند درجة حرارة منخفضة وضغط مرتفع
يحدث فقط في المسافات الفعالة	يحدث على كامل مساحة سطح التبادل

تتكون طبقة جزئية واحدة كحد أقصى

تتكون طبقة أو عدة طبقات جزئية على  
السطح الماز

### 5. العوامل المؤثرة في الإمتزاز:

تعتمد عملية الإمتزاز على عدة عوامل أهمها:

#### 1.5. طبيعة ومساحة السطح الماز:

يعتبر الإمتزاز من الظواهر السطحية التي تعتمد على مساحة السطح المعرض للإمتزاز، فإذا كانت مساحة السطح كبيرة فإن الفعالية تزيد، بالإضافة إلى حجم وتوزيع المسامات على السطح من حيث الإنتظام والتجانس وعدمه، كما يعتمد على حجم الجزيئة الممتزة وأشكال المسام ومقاساتها، كما يتأثر الإمتزاز بشحنة السطح والشحنة الغالبة عليه لوجود المجاميع القطبية على السطح.

ومن الجدير بالذكر أن مساحة سطح الجسم الماز يصعب تعيينها، وقد إصطلح على إعتبار أن كتلة الماز هي مقياس للمساحة المتاحة.

#### 2.5. طبيعة المادة الممتزة:

تلعب الخواص الفيزيائية والكيميائية للمادة الممتزة دورا مهما خلال إمتزازها على السطح الصلب في تحديد كفاءة الإمتزاز والتداخل مع سطح المادة المازة، فمن بين هذه الخواص نجد على سبيل المثال الشكل والحجم والإستقطابية وكذا توفر المجاميع الفعالة، ويعتبر الوزن الجزيئي من العوامل الرئيسية التي تؤثر على الإمتزاز، وقد يؤدي هذا التفاوت في الصفات لاسيما في الأنظمة متعددة المكونات إلى تنافس على مواقع الإمتزاز وبالتالي حدوث إمتزاز انتقائي لمكونات دون الأخرى.

#### 3.5. درجة الحرارة:

مثل أي إتران فإن عملية الإتران تتأثر بدرجة الحرارة، حيث أن عملية الإمتزاز باعثة للحرارة ما لم ترافقها عملية الإمتزاز أو انتشار داخل مسامات السطح الصلب وبشكل عام فإن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى نقصان كمية الإمتزاز وهذا بسبب زيادة الطاقة الحركية للجزيئات الممتزة على السطح مما يؤدي إلى انفصالها عن السطح وعودتها إلى المحلول، أما إذا كانت عالية الإمتزاز ماصة للحرارة فإن زيادة درجة الحرارة تؤدي إلى اختراق الجزيئات الممتزة للسطح الصلب بنسبة أكبر وبذلك تزداد سرعة انتشارها فيه يتبعها زيادة الإمتزاز. فزيادة درجة الحرارة يكون الإمتزاز كيميائي في حين خفضه يكون الإمتزاز فيزيائي.

#### 4.5. تركيز المادة الممتزة:

إن زيادة تركيز المادة الممتزة يؤدي إلى زيادة انتشارها على السطح الماز وبذلك زيادة الكمية الممتزة (النسبة بين كمية الممتزة (ملغ) إلى وزن المادة المازة (غ))، وفي هذه الحالة سيكون الزمن اللازم للوصول إلى الإتزان أطول.

### 5.5. درجة الحموضة pH:

يعتبر الرقم الهيدروجيني عامل أساسي في حدوث الإمتزاز وهذا لأنه يؤثر مباشرة على حالة الشحنة في كل من المادة الممتزة والسطح الماز، فمن المعروف أن السطوح غير المتجانسة تحتوي على مواقع موجبة الشحنة وأخرى سالبة لذا فإن تغيير الحمضية يؤثر على عملية التجاذب والتنافر في هذه المواقع، كما قد يؤثر على تأين المادة الممتزة إن هذه العوامل تؤثر في الكمية الممتزة.

### 6.5. سرعة الرج:

تعتبر سرعة الرج عامل مهم في عملية الإمتزاز حيث تساهم في توزيع المادة الممتزة على السطح الماز حيث تحدد الحد الأقصى للإمتزاز [6].

### 6. آلية الإمتزاز:

عملية الإمتزاز ناتجة بشكل عام عن قوى كيميائية وفيزيائية متعددة التي تحدث وذلك في حالة الإمتزاز الصلب السائل وهذا ما يميز لنا عدة آليات للإمتزاز نذكر منها:

### 1.6. قوى فاندر فالس:

تجاذب ثنائي القطب يحدث بين الذرات أو الجزيئات بفضل الإضطرابات الكهربائية منخفضة الشدة، هذا النوع من القوى له أهمية كبيرة وذلك في إمتزاز المركبات العضوية ويعرف بإمتزاز التبادل الأيوني [7].

### 2.6. قوى كولوم:

هي قوى إلكتروستاتيكية ناتجة من اختلاف الشحنة (متعاكسة) بين السطح الصلب المشحون والمادة الممتزة يمكن أن تكون الشحنة سطحية نتيجة الاستبدال متماثل أو إضافة بروتون أو نزع بروتون من المجموعات الوظيفية السطحية تحت تأثير درجة الحموضة. ويتجلى هذا النوع من القوة بشكل رئيسي في إمتزاز الأيونات غير العضوية والجزيئات العضوية المتأينة يعرف الإمتزاز بالتجاذب الكهروستاتيكي [8].

### 3.6. الروابط الهيدروجينية:

هي رابطة تنتج بين الجزيئات (intermoléculaire) وذلك بين ذرة الهيدروجين أقل كهروسالبية (électronégativité) وأكثر كهروسالبية، ويعرف الإمتزاز بإستعمال الزوج إلكتروني [9].

### 7. إيزوتارم الامتزاز:

إيزوتارم هو العلاقة بين متغيرين في عملية أو تفاعل عند درجة حرارة ثابتة، حيث يعطي معلومات عن كمية المواد التي سيتم إمتزازها لمجموعة معينة من متغيرات الحالة (التركيز C ودرجة الحرارة T عند التعامل مع إمتزاز المحاليل) وهو تمثيل بياني للكمية الممتزة بوحدة الكتلة أو وحدة المساحة بدلالة تركيز المادة الممتزة عند ثبوت درجة الحرارة في حالة الإتزان، حيث من الممكن وصف تفاعلات بين الممتز/الماز من خلال دراسة تأثير التركيز الابتدائي للذوبان على قدرة إمتزاز المادة الممتزة عند درجة حرارة ثابتة.

يمكن حساب الكمية الممتزة بوحدة الكتلة وفقاً للمعادلة التالية:

$$2- \quad q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{m} V$$

حيث:

$q_e$ : الكمية الممتزة في ملغ من المادة الممتزة في كل غرام من المادة المازة (ملغ/غرام).

$C_0$ : التركيز الابتدائي للمادة الممتزة (ملغ/ل).

$C_e$ : تركيز المادة المتبقية عند الإتزان (ملغ/ل).

$V$ : حجم المادة الممتزة (ل).

$m$ : كتلة المادة المازة (غرام).

وقد تم تطوير العديد من النماذج الرياضية لوصف تفاعلات الممتز/الماز. وفي دراستنا، استخدمنا ثلاث نماذج، نموذج فريندليش (Freundlich) ونموذج لونجمير (Langmuir) ونموذج تيمكين (Temkin).

### 1.7. نموذج فريندليش :

في 1895، اقترح العالم (Boedecker) معادلة تجريبية تصف إيزوتارم الإمتزاز حيث افترض أن سطح المادة المازة غير متجانس مع توزيع الطاقة غير الموحد لمواقع الإمتزاز على السطح عند درجة حرارة معينة وهي معادلة تكتب على الشكل غير الخطي كالتالي:

3-

$$q_e = k_f . C_e^{\frac{1}{n}}$$

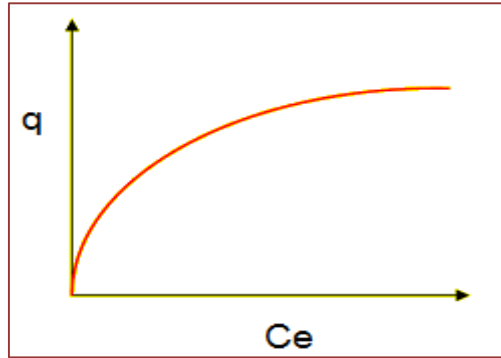
حيث:

$q_e$ : كمية الإمتزاز (ملغ/غرام).

$K_f$ : ثابت فريندليش الذي يعبر عن تقارب الإمتزاز.

$C_e$ : تركيز المادة الممتزة عند الإمتزان (ملغ/ل).

$1/n$ : سعة الإمتزاز.



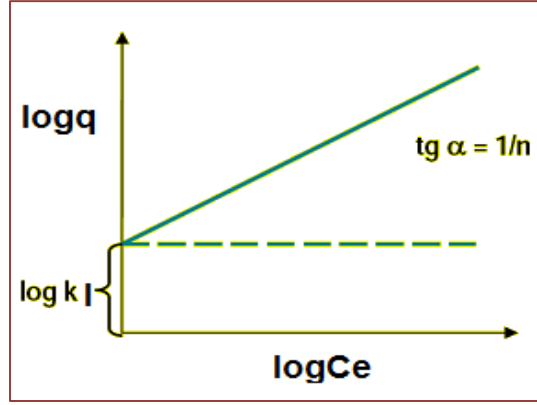
الشكل 03. منحنى لنموذج فريندليش الكمية الممتزة بدلالة التركيز عند الإمتزان

يمكن كتابة الثوابت  $K_f$  و  $1/n$  من الشكل الخطي التالي :

4-

$$\ln q_e = \ln k_f + \frac{1}{n} \ln C_e$$

إن ارتفاع في قيمة  $K_f$  له أهمية في قدرة الإمتزاز للسطح الماز الصلب.



الشكل 04. التمثيل الخطي لمعادلة فريندليش.

- $1 = (n/1)$  : إيزوتارم خطي من النمط C.
- $1 < (n/1)$  : إيزوتارم مقعر من النمط S.
- $1 > (n/1)$  : إيزوتارم محدب من النمط L.
- $1 \gg (n/1)$  : إيزوتارم من النمط H.

### 2.7. نموذج لونجمير:

في عام 1916، نشر إيرفينغ لونجمير نموذجا جديدا للإيزوتارم الذي حمل إسمه، وهو الأكثر استخداما لقياس كمية الممتز-الماز كوظيفة للضغط الجزئي في وقت ودرجة حرارة معينة وخاصة في الإمتزاز الكيميائي حيث يتم التعبير عن نموذج Langmuir بالمعادلة التالية:

$$5- \quad \frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m K_L} + \frac{C_e}{q_m}$$

حيث:

$K_L$  : ثابت لونجمير.

$q_m$  : أعظم كمية من الإمتزاز للمادة الممتزة على السطح الماز (ملغ/غرام).

### 3.7. نموذج تيمكين Temkin:

يعتمد على أن حرارة الإمتزاز تختلف خطيا مع درجة التداخل قد يكون هذا الاختلاف متعلقا بتجانس السطح أو بالتفاعلات الجانبية بين الجزيئات الممتزة وتمثل بالمعادلة التالية:

$$6- \quad q_e = \beta \ln \alpha + \beta \ln C_e$$

حيث :  $RT/b = \beta$

**T** : درجة الحرارة المطلقة بالكلفن (K).

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

**b**: هو ثابت تيمكن المرتبط بحرارة الإمتزاز (جول/ملغ) [4،10،11،12].

### 8. حركية الإمتزاز:

تجعل من الممكن تحديد الوقت اللازم لإعداد التوازن بين السطح الماز والممتزات، كما يفسر آلية الإمتزاز بين الطورين السائل والصلبة وقد تم تطوير عدة نماذج حركية لوصف حركية الإمتزاز ولتحديد طبيعة التفاعلات في إمتزاز الصلبة - السائل.

وفي هذه الدراسة، تم اختيار ثلاثة نماذج حركية لدراسة السلوك الحركي للملوثات على سطح الكتلة الحيوية، نذكر منها: النموذج الحركي الزائف من الرتبة الأولى، والنموذج الحركي الزائف من الرتبة الثانية ونموذج الانتشار.

### 1.8. نموذج شبه الدرجة الأولى:

تم اقتراح هذا النموذج الحركي من قبل لونجمير، حيث افترض إن سرعة الإمتزاز في وقت  $t$  تتناسب مع الفرق بين الكمية الممتز عند الإتزان وذلك في وقت  $t$ .

$$7- \quad \frac{dq_t}{dt} = K_1 \cdot (q_e - q_t)$$

حيث:

**$q_t$**  : الكمية الممتزة في الوقت  $t$  (ملغ/غرام).

**$q_e$**  : الكمية الممتزة عند الإتزان ب (ملغ/غرام).

**$K_1$**  : ثابت سرعة النظام الحركي الزائف من الدرجة الأولى ( $\text{min}^{-1}$ ).

بعد التكامل، تصبح المعادلة السابقة:

$$8- \quad \ln(q_e - q_t) = \ln K_1 t$$

### 2.8. نموذج شبه الدرجة الثانية:

هذا النموذج يجعل من الممكن وصف حركية الإمتزاز عن طريق الإعتراف بالإمتزاز السريع في الذوبان في مواقع الطاقة العالية والإمتزاز البطيء نسبيا على مواقع منخفضة الطاقة. يتم التعبير عن النموذج الحركي الزائف وفقاً للمعادلة التالية:

$$9- \quad \frac{dq_t}{dt} = K_2(q_e - q_t)^2$$

حيث:

$K_2$ : ثابت سرعة النظام الحركي الزائف من الدرجة الثانية ثابت  $(g \cdot mg^{-1} \cdot min^{-1})$ .

بعد التكامل، تصبح المعادلة السابقة:

$$10- \quad \frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$$

يمكن تحديد كمية الممتزات  $q_e$  وثابت السرعة  $K_2$  من حساب الميل وتقاطع مع محور الترتيب في منحنى  $t/q_t$  بدلالة الزمن  $t$ .

### 3.8. نموذج انتشار داخل الجسيمات Intra-particle Diffusion:

نموذج نشر الجسيمات أو نموذج وبيير وموريس يفترض أن عملية الإنتشار هي الخطوة الوحيدة التي تتحكم في الإمتزاز حيث يعبر عنه رياضياً كما يلي:

$$11- \quad q_t = K_3 t^{0.5} + C$$

حيث:

$K_3$ : ثابت سرعة إنتشار الجسيمات.

$C$ : ثابت.

يمكن تحديد قيم  $K_3$  والثابت  $C$  من حساب الميل وتقاطع الترتيب من منحنى  $qt$  بدلالة  $t^{0.5}$  [14,13].

### 9. تطبيقات الامتزاز:

- عمليات الإمتزاز مفيدة في إجراء الحفز غير المتجانس.

- الكروماتوغرافيا: هي تقنية تستخدم لفصل محتويات المحلول عن طريق عملية الإمتزاز جزئي أو اختياري، تعتمد على سرعة ومدى الإمتزاز على سطح الماز، وتختلف باختلاف مكونات الخليط الموجود في المحلول.
- التبادل الأيوني.
- تحليل المياه.
- المواد المبللة للأسطح والمنظفات الصناعية: تستخدم المواد المبللة للأسطح الصلبة للمساعدة في انتشار السائل خاصة الماء على سطح كاره للماء.
- صمد المياه (الأقمشة التي لا ينفذ منها الماء) [15].



# المراجع

## • المراجع بالعربية:

- [1] أ.د. محمد مجدي واصل، "أسس كيمياء السطوح"، الأكاديمية الحديثة للكتاب، الكتاب الجامعي، مكتبة هبة النيل العربية للنشر والتوزيع، الطبعة 2007.
- [2] أ.د. محمد مجدي عبد الله واصل، "كيمياء الحفز والسطوح"، جامعة الأزهر، 2004.
- [3] قدوري زيدان خلف، عبد القادر محمد عبد القادر، علاء عبد الكريم إبراهيم، "إزالة التلوث بالبنزالديهايد من المياه الصناعية باستخدام بعض المواد الطبيعية"، منشورات الجريدة العراقية الوطنية للكيمياء (Iraqi National Journal Chemistry)، 2017.
- [7] د. حسن أحمد شحاتة، "كيمياء السطوح والحفز"، دار الفجر للنشر والتوزيع.
- [8] د. نصر الحايك، "مدخل إلى كيمياء المياه"، منشورات المعهد العالي للعلوم التطبيقية والتكنولوجية، 2017.
- [9] د. جمال عطية، "إزالة التلوث العضوي من مياه الصرف الصحي بمنطقة الوادي باستخدام المعادن الطينية"، دكتوراه جامعة قاصدي مرباح ورقلة، صفحة 21، 2018.

## • المراجع بالأجنبية:

- [4] Adsorption at the Solid/Gas Interface, University Mari Curie Skolodoweskiej, Lublin, 1944.
- [5] Moulay Rachid. Babaa, "Contribution à L'étude De L'adsorption Physique De Gaz sur Les Nanotubes De Carbone mono- et multi parois", Docteur, Université Henri Poincaré, Nancy – 1, 2004. page 4 et 5.
- [6] Yassine Bentahar., "Caractérisation Physio - chimique Des Argiles Marocaines: Application à L'adsorption De L'arsenic et Des Colorants Cationique en Solution Aqueuse", Docteur, Université de Nice – Sophia Antipolis, 2016.
- [10] Charles H. Giles and DAVID Smith., "A General Treatment and Classification of Solute Adsorption Isotherm", University of strathclyde. Glasgow G1, Scotland. 1973.
- [11] Nesamalar Kantasany and Siti. Mariam Sumari, "Equilibrium and Thermodynamic Studies of Anionic Dyes Removal by an Anionic Clay-Layered Double Hydroxide", Malaysian Journal of Analytical Sciences, Selangor, Malaysia, 2016. Page 362.
- [12] Javier Paul., Montalvo Andia., Lidia Yokoyama., and Luiz Alberto Cesar. Teixeira, "Study of the Equilibrium, Kinetics, and Thermodynamics of Boron Removal from Waters

with Commercial Magnesium Oxide", International Journal of Chemical Engineering (Hindawi), 2018, page 4.

[13] Xiaol Yuan., Wentang Xia., Juan An., Jianguo Yin., Xuejiao Zhou and Wenqiang Yang," Kinetic and Thermodynamic Studies on the Phosphate Adsorption Removal by Dolomite Mineral". Hindawi Publishing Corporation Journal of Chemistry.2015. Page 2.

[14] Yadam Guo and Yuan yuan. Liu." Adsorption Properties of Methylene Blue from Aqueous Solution onto Thermal Modified Rectorite". Journal of Dispersion Science and Technology.Lincoln.2015 page 1356.

[15] Stéphanie Marsteau et Nicole Pellieux." Traitement Des Gaz Dangereux Capté Sur Les Lieux De Travail". Institut National de Recherche et de sécurité.2006 page 4,5.

# اجزاء التطبيقية



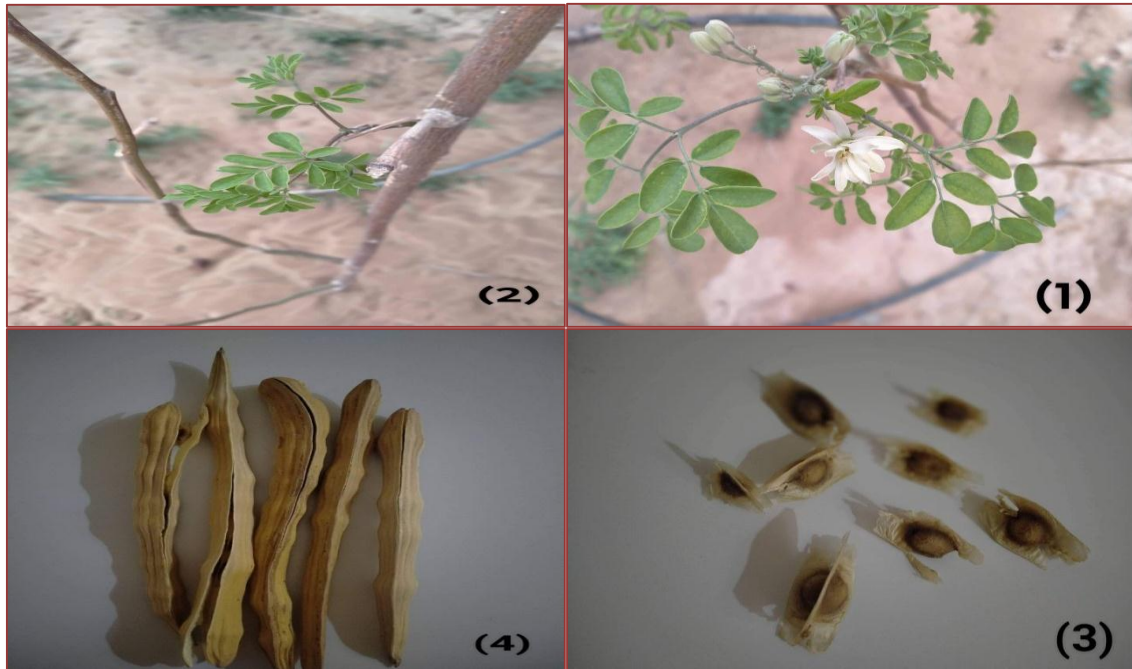


# الفصل الرابع

## 1. معلومات حول نبات المورينغا:

تعرف شجرة المورينغا بأنها أشجار صغيرة موسمية من فصيلة البان، يعود أصلها إلى آسيا الإستوائية، ويصل طولها إلى ما يقارب 9 أمتار، كما تمتلك لحاء فلينياً رمادي اللون، بالإضافة إلى أنّ أوراقها تشبه أوراق السرخسيات، وتمتلك مجموعات عطرية من الزهور البيضاء، أمّا ثمارها ذات الزوايا التي تشبه الخناجر فإنّها قد تنمو ليصل طولها إلى حوالي 45 سم، ويشار إلى إمكانية طهي وتناول زهورها، وقرونها، وأوراقها، وحتى أغصانها<sup>[1]</sup>.

تتمتع شجرة المورينغا بالعديد من الخصائص منها؛ أنها شجرة شديدة التحمل للظروف المناخية القاسية مثل؛ الجفاف الشديد أو الصقيع، ولهذا فقد نجح الكثيرون في زراعتها في مختلف أنحاء العالم، كذلك غالباً ما تستخدم أجزاؤها لأغراض تجارية أو غذائية<sup>[2]</sup>.



الشكل 01. صور لنبات المورينغا (1\* أزهار/2\* أوراق/3\* بذور/4\* ثمار).

(صورة أصلية)

## 2. وصف منطقة الدراسة:

### 1.2. الموقع الجغرافي لمكان أخذ العينة:

تقع ولاية بسكرة في الجهة الشرقية من الجزائر حيث يحدها من الشمال ولاية باتنة ومن الشمال الغربي ولاية المسيلة ومن الشمال الشرقي ولاية خنشلة ومن الجنوب ولايتي الجلفة والوادي.



الشكل 02. الموقع الجغرافي لولاية بسكرة.

## 2.2. مكان أخذ العينة:

أخذت عينة بذور المورينغا من منطقة مليلي بولاية بسكرة، وذلك وفق الإحداثيات التالية:

(N 6°42'25"E"21°48'34) والشكل التالي يوضح ذلك:



الشكل 03. الموقع الجغرافي لمكان أخذ العينة.

### 3. تحضير ودراسة خصائص الكتلة الحيوية (قشور بذور المورينغا):

#### 1.3. تحضير الكتلة الحيوية:

تم غسل MH أولاً بالماء المقطر ثم تجفيفه عند 45 درجة مئوية في الفرن لمدة 24 ساعة لإزالة محتويات الرطوبة. تم بعد ذلك طحن MH المجفف إلى حجم 1-2 ملم. تمت دراسة المجموعات الوظيفية لـ MH قبل وبعد إمتزاز MB عبر مطيافية الأشعة تحت الحمراء (Perkin ) (FTIR Spectrum RX I ، Elmer) في وضع الإرسال بنطاق طيفي من 4000 سم<sup>-1</sup> إلى 400 سم<sup>-1</sup> بدقة 4 سم<sup>-1</sup>. تم تحضير جميع العينات باستخدام KBR من الدرجة الطيفية والتي تضم حوالي 80 % (وزن / وزن) من العينة الإجمالية وتم تقييمها في شكل مساحيق مطحونة بدقة. لوحظ التشكل السطحي لـ MH قبل وبعد إمتزاز MB بإستخدام مجهر إلكتروني ماسح (SEM؛ PHNOM-WORLD-PC\Phenom-World). تم تقدير الرقم الهيدروجيني عند نقطة الصفر الشحنة (pH<sub>pzc</sub>) بواسطة تقنية إضافة المواد الصلبة بإستخدام مقياس الأس الهيدروجيني (inoLab pH 7110) ، كما وصفه لوبيز رامون وآخرون<sup>[3]</sup>. في هذه الطريقة ، تم تعديل الرقم الهيدروجيني لكتلة 25 ملغ من الكتلة الحيوية في محلول مائي كلوريد الصوديوم (0.1 مولاري) إلى القيم الأولية المتتالية بين 3 و 11. تم تحريك المعلمات لمدة 24 ساعة والنهائي تم قياس الأس الهيدروجيني ورسمه مقابل الأس الهيدروجيني الأولي. تم تحديد pH<sub>pzc</sub> في القيمة التي عندها يكون الفرق بين القيمة النهائية والابتدائية للأس الهيدروجيني معدومة.



الشكل 04. أ/ البذرة، ب/ القشور، ج/ الكتلة الحيوية.

(صورة أصلية)

### 2.3. دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية للكتلة الحيوية:

#### 1.2.3. مطيافية الأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه FTIR:

يقيس التحليل الطيفي الأشعة تحت الحمراء تحت الحمراء الإثارة الإهتزازية للذرات المحيطة بالروابط التي توحد، المنطقة تحت الحمراء المركزية التي أطوالها الموجية تتراوح من 2.5 إلى 16 ميكرو متر سم<sup>-1</sup> (656-4000)، فإمتصاص الأشعة تحت الحمراء يجعل مختلف الروابط الكيميائية تهتز عن طريق تغيير المسافات بين الذرات والزوايا وهناك وضعان للإهتزاز:

1. إهتزازات الإستطالة تسمى اهتزازات التكافؤ، تحدث عندما تقترب ذرتان بشكل دوري أو تتحرك بعيدا على طول محورها المشترك، عادة ما تتم ملاحظة هذه الاهتزازات في مجال الطاقة العالية.
2. اهتزازات الإنحناء تتوافق مع تعديل زوايا الإتصال، هناك أربعة اهتزازات محتملة (اهتزاز، مقص، هز ولف) [4].

### 2.2.3 المسح بالمجهر الإلكتروني SEM:

المسح بالمجهر الإلكتروني (SEM) هو تقنية لمراقبة تضاريس الأسطح. يوفر معلومات عن بنية العينة ولمسها ولكن أيضا عن حجم وشكل الحبوب الأولية أو التكتلات اعتمادا على التكبير المختار. يعتمد على اكتشاف الإلكترونات الثانوية الخارجة من السطح تحت تأثير حزمة دقيقة جدًا من الإلكترونات الأولية أحادية الحركة التي تمسح سطح العينة. حيث تحدث تفاعلات الإلكترون مع المادة في منطقة تسمى مصباح التفاعل المكتشف بواسطة جهاز استشعار يراقب سطوع راسم الأشعة الكاثودية، والذي تتم مزامنة مسحه مع شعاع الإلكترون [5].

### 4. الصبغة المدروسة للإمتزاز (صبغة أزرق الميثيلين):

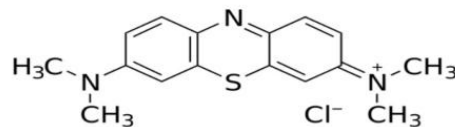
يعود بسبب اختيار هذه الصبغة إلى وجود الخصائص التالية: [6]

- الذوبانية العالية في الماء.
- درجة التبخر تكون ضعيفة.
- إمكانية التحليل بواسطة مطيافية الأشعة فوق البنفسجية (UV-visible).
- كثرة استعمالها في المصانع والمخابر.

### 4-1 تعريف الصبغة وبنيتها:

أزرق الميثيلين هو مركب كيميائي حلقي غير متجانس له الصيغة الكيميائية  $C_{16}H_{18}ClN_3S$ ، وهي من الأصباغ الكاثيونية (القاعدية)، عبارة عن مسحوق أخضر داكن يعطي لون أزرق عندما يذوب في الماء. وتستخدم صبغة أزرق الميثيلين بشكل كبير في مصانع النسيج لصبغة القطن، الصوف والحرير.

وتركيبتها الكيميائية موضح بالشكل 5 [7-8].



الشكل 05. التركيب الكيميائي لصبغة أزرق الميثيلين.

#### 2-4 الخصائص الفيزيائية والكيميائية:

يتميز أزرق الميثيلين بخصائص فيزيائية وكيميائية ملخصة في الجدول 01.

الجدول 01. بعض الخصائص الفيزيائية والكيميائية لأزرق الميثيلين<sup>[9]</sup>.

(Tafer R. Photo dégradation directe et induite de micropolluants organiques (cas d'un colorant azoïque). 2007).


#### 3.4. تحضير محلول المعايرة (calibration):

- تحضير المحلول الأم:

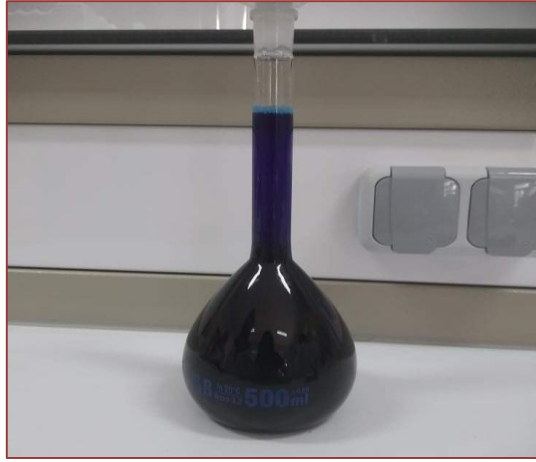
- الأجهزة والمواد المستعملة:

- ميزان إلكتروني.
- ملعقة.
- بيشر سعته 100 مل.
- حوالة سعتها 500 مل.
- صبغة أزرق الميثيلين.
- ماء مقطر.
- مخلاط مغناطيسي.
- جهاز مسخن مغناطيسي.
- قمع.

## ✓ طريقة العمل:

من أجل تحضير محلول أم تركيزه 50 ملغ/ل نتبع الخطوات التالية:

- نقوم بوزن 25 ملغ من الصبغة ونضعها في بيشر سعته 500 مل.
- ثم إضافة ثلث كمية الماء المقطر في البيشر ونرج قليلا إلى أن تمتزج.
- نسكب محتوى البيشر في حوجلة سعتها 500 مل بواسطة قمع مع وضع القضيب المغناطيسي ونكمل كمية الماء المتبقية وصولا إلى خط العيار.
- ثم نضعها على جهاز المخلاط المغناطيسي ويترك إلى أن تذوب الصبغة كليا.



الشكل 06. صورة تعبيرية للمحلول الأم تركيزه 50 ملغ/ل.

(صورة أصلية)

## ✓ طريقة المعايرة بواسطة مطيافية visible-Uv:

- الأجهزة والمواد المستعملة:

- محلول أزرق الميثيلين تركيزه 50 ملغ/ل (المحلول الأم).
- ماصة 1 مل.
- إجابة.
- بيشر سعته 25 مل.
- جهاز visible-Uv.
- ماء مقطر.

## ✓ طريقة العمل:

- نقوم بأخذ 1 مل من المحلول الأم ونضعه في بيشر.
- نقوم بإضافة القليل من الماء المقطر من أجل تخفيفه.
- نقوم بتمريرها على جهاز visible-Uv من أجل قياس الطول الموجي الاعظمي  $\lambda_{max}$  وذلك عند طول موجي في المجال بين 500-700 نانومتر.

وتم تسجيل المنحنى التالي:

**الشكل 07.** منحنى طول الموجة الأعظمي لأزرق الميثيلين.

#### • منحنى المعايرة للصبغة:

تم تحضير محاليل مخففة ذات تراكيز من 0.1 إلى 1 ملغ/ل بالنسبة لأزرق الميثيلين انطلاقاً من محلول الأم تركيزه 50 ملغ/ل حسب قانون التمديد  $C_1.V_1 = C_2.V_2$ ، ثم يتم تحليله بواسطة جهاز الطيف الضوئي المرئي بالأشعة فوق البنفسجية وهكذا ننشئ خط المعايرة الذي يمثل بالإمتصاصية رسم قيم (Abs) بدلالة التركيز  $C_0$ ، وبالتالي الإمتثال لقانون بير لامبيرت الذي يربط العلاقة بين الامتصاصية، سمك العينة والتركيز وتكون العلاقة كالتالي :

12-

يمثل اللوغاريتم العشري  $Log 10$  الإمتصاصية.

- $\epsilon$  : معامل الإمتصاصية الجزيئية (ل/مول.سم).
- C: تركيز العينة.
- L : سمك الخلية (سم).
- $I_0$  : شدة الحزمة الضوئية الصادرة.
- I: شدة الحزمة الضوئية أحادي الطول الموجي.

ولا يتم التحقق إلا إذا تم استيفاء الشروط التالية: [10]

- ضوء أحادي اللون.
- محاليل مخففة جداً.
- لا يوجد انعكاس أو تشتت أو توهج للحزمة الواردة.

5. تجارب الامتزاز:

## - الأجهزة والأدوات المستعملة:

- 10 بيشرات سعتها 25 مل.
- ماصة 1 ملل.
- إجاصة.
- مخلوط مغناطيسي.
- قشور بذور المورينغا.
- جهاز قياس الطيف للأشعة فوق البنفسجية.
- جهاز الطرد المركزي.
- أنابيب ذات ساعات 10 مل.
- ماء مقطر.

## - تجارب الإمتزاز بنظام الدُفعات:

تم تنفيذ تجارب الإمتزاز بنمط الدُفعات لـ MB على MH في حوجلات ذوات سعة 100. نقوم برج العينات في مخلوط مغناطيسي مسخن (DLABMS-H-S10) بسرعة رج ثابتة تبلغ 120 دورة/د و30 كلفن حتى يتم تحقيق التوازن. يتم إجراء تجارب نظام الدُفعات عن طريق تغيير العوامل التجريبية مثل جرعة الممتزات (50-600 ملغ)، محلول الأس الهيدروجيني (3-12)، تركيز بروميد الميثيل الأولي (100 ملغ/لتر)، وزمن التلامس (1-1440 دقيقة) لتحديد ظروف الإمتزاز المثلى لإمتزاز MB. تم تعديل الأس الهيدروجيني لمحلول MB عن طريق الإضافة 0.10 M من HCl أو NaOH. لتقدير كمية MB الممتز، تم جمع المادة الطافية لخليط MH-MB باستخدام مرشح حقنة نايلون 0.20 ميكرومتر وتم رصد تراكيز MB في فترة زمنية مختلفة باستخدام (JENWAY 7300 Spectrophotometer) بأقصى طول موجي ( $\lambda_{max}$ ) للامتصاص عند 666 نانومتر. في دراسة الديناميكة الحرارية، كانت هناك إجراءات مماثلة مطبقة عند 293 و315 و324 كلفن، مع الاحتفاظ بالمعاملات الأخرى ثابتة. يتم تعيين قيمة كمية الحرارة (الانتالبي) المصاحبة للإمتزاز  $\Delta H^\circ$  برسم قيم  $\text{Log } K_d$  مقابل مقلوب الحرارة (T/1) إستنادا لمعادلة فانت هوف:

13-

14-

أما التغير في قيمة الطاقة الحرة ( $\Delta G^\circ$ ) فتم حسابها بالمعادلة التالية:

15-

وبذلك أمكن الحصول على قيم التغير في الأنثروبي ( $\Delta S^\circ$ ) من خلال تطبيق المعادلة التالية:

16-

حيث :

$\Delta H^\circ$  : مقدار التغير في أنتالبي التفاعل وحدته (كيلو جول/مول).

$\Delta G^\circ$  : مقدار التغير في الطاقة الحرة للتفاعل وحدته (كيلو جول/مول)

$\Delta S^\circ$  : مقدار التغير في انتروبي التفاعل وحدته (جول/مول .كلفن).

**R** : الثابت العام للغازات ومقداره 8.314 ( جول/مول.كلفن).

**T** : درجة الحرارة المطلقة وحدتها (كلفن).

**K<sub>d</sub>** : معامل التوزيع للإمتزاز.

تم إجراء اختبارات الفراغات لحساب اللون الذي تم ترشحه بواسطة مادة الامتصاص وامتصاصه بواسطة الحاويات الزجاجية، حيث يتم إجراء عمليات الامتصاص الفارغة فقط مع الممتزات في 100 مل من الماء شديد النقاء و100 مل من محلول MB دون أي مادة ماصة بشكل متزامن في ظروف مماثلة. قدرة الإمتزاز عند التوازن،  $q_e$  (ملغ/غ<sup>-1</sup>) والنسبة المئوية لإزالة اللون،  $R_c$  (%) من MB كانت محسوبة باستخدام المعادلات التالية :

17-

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{W} \times V$$

18-

$$R_c(\%) = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \times 100$$

- $C_0$  هو تركيز بروميد الميثيل الأولي (ملغ / ل).
- $C_e$  هو تركيز MB عند التوازن (ملغ / ل).
- $V$  هو حجم محلول MB (ل).
- $W$  هي الكتلة الجافة لـ MH الممتز (ملغ).

أجريت تجارب الإمتزاز في ثلاث نسخ تحت شروط متطابقة ويتم الإبلاغ عن النتائج كمتوسط القيمة العمرية.



# المراجع

- [1] Horseradish tree" «www.britannica.com «Retrieved24-10-2017.Edited
- [2] Moringa oleifera: A review on nutritive importance and its medicinal application", sciencedirect, Retrieved 31/10/2021. Edite
- [3] M.V. Lopez-Ramon, F. Stoeckli, C. Moreno-Castilla, F. Carrasco-Marin, On the characterization of acidic and basic surface sites on carbons by various techniques, Carbon, 27 (1999) 1215–1221.
- [4] Bentahar Y. Caractérisation physico-chimique des argiles marocaines application à l'adsorption de l'arsenic et des colorants cationiques en solution aqueuse: Côte d'Azur; 2016 .
- [5] Dr. M. SAHLI, Synthèse, élaboration et caractérisation des nano composites à base de magnésium pour le stockage solide d'hydrogéné, université Constantine 2015.
- [6] Baghriche O. Contribution de methodes destructives (Photolyse et POA's (et non destructives à l'élimination de deux colorants (Bleu de méthylène et+63 rouge Congo) en solution aqueuse. 2005.
- [7] Rafatullah M, Sulaiman O, Hashim R, Ahmad A. Adsorption of methylenblue on low-cost adsorbents: a review. Journal of hazardous materials;177:702010:80 -
- [8] Singh H, Chauhan G, Jain AK, Sharma S. Adsorptive potential of agricultural wastes for removal of dyes from aqueous solutions. Journal of Environmental Chemical Engineering; 5:122-35 ,2017 .
- [9] Tafer R. Photo dégradation directe et induite de micropolluants organiques (cas d'un colorant azoïque). 2007.
- [10] K Batouche., "Intercalation de liquides ionique dans Seles argiles" Université de Constantine 2010.



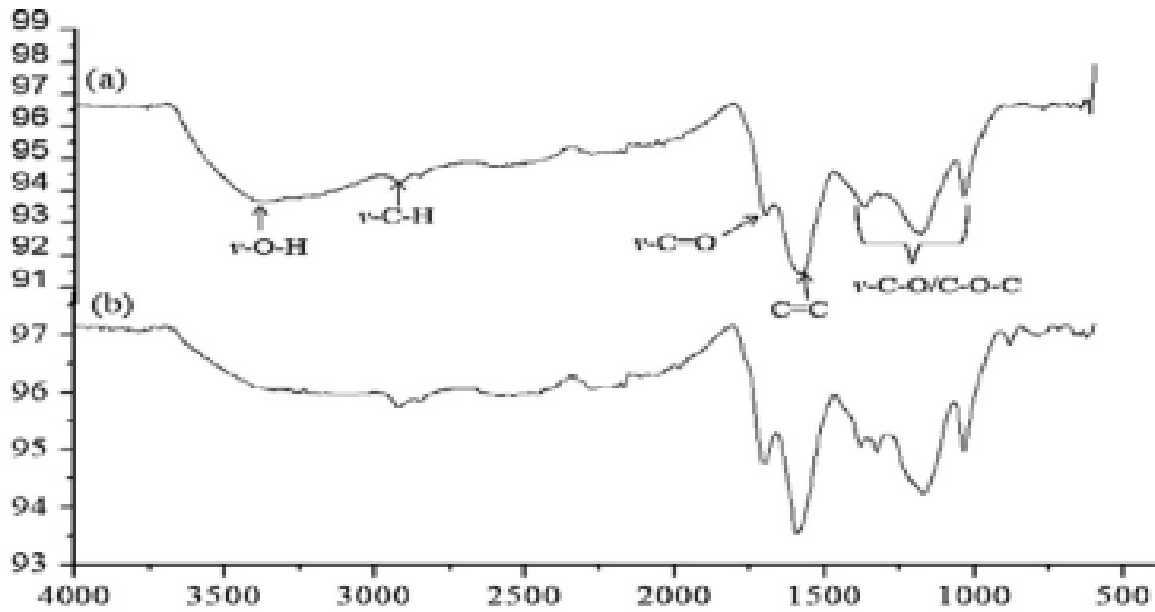
# الفصل الخامس

يتم في هذا الفصل دراسة العوامل المتعلقة بتحسين ظروف الإمتزاز لصبغة أزرق الميثيلين على قشور بذور المورينغا، هذه الشروط التجريبية هي: كتلة المادة الحيوية، زمن التلامس، درجة حموضة الوسط ودرجة حرارة الوسط. بداية، تمّ تحديد الخواص الفيزيائية والكيميائية للكتلة الحيوية لتحديد الوظائف المسؤولة عن الإمتزاز وكذا تحديد الآليات المسؤولة عن هذا الإمتزاز. تم أيضا مناقشة نمذجة متساوي الحرارة للإمتزاز، الحركية من الرتبة شبه الأولى وشبه الثانية وكذا الدراسة الحرارية.

### 1. دراسة الخصائص الفيزيوكيميائية للكتلة الحيوية:

#### 1.1. الأشعة تحت الحمراء FTIR:

يوضح الشكل 1 طيف FTIR لمستخلص MH ومستخلص MH+MB وترد نتيجة تفسير FTIR لمستخلص MH في الجدول 1 بينما يتم عرض نتيجة تفسير FTIR لمستخلص MH+MB في الجدول 2.



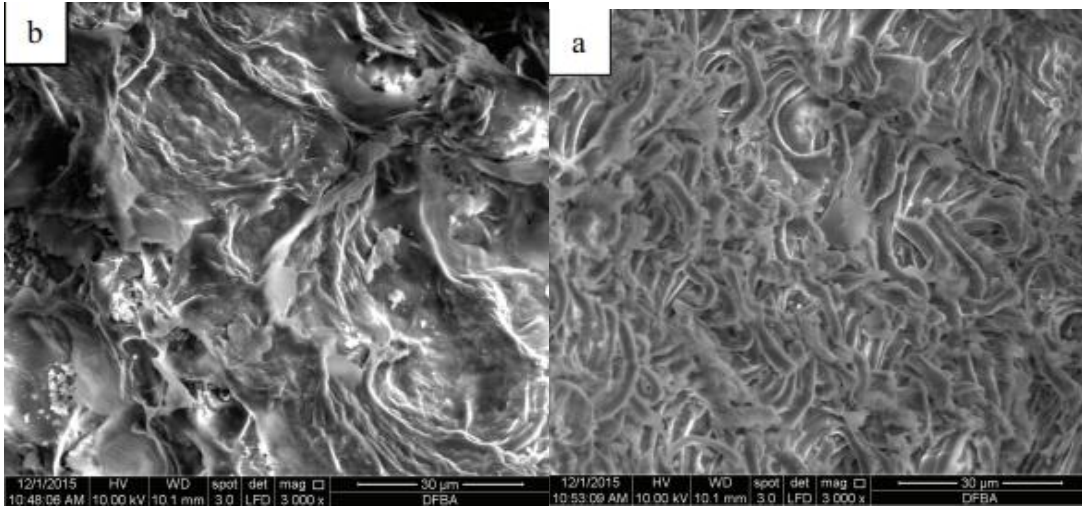
الشكل 01. أطياف FTIR ل (MH) قبل الامتزاز و (MH+MB) بعد الامتزاز.

الجدول 01. تفسير FTIR لمستخلص MH.


الجدول 02. تفسير FTIR لمستخلص MH+MB.


2.1 تقنية المسح بالمجهر الإلكتروني SEM/EDAX:

تم استكشاف التشكل السطحي لـ MH قبل وبعد امتزاز صبغة MB على سطحه باستخدام SEM كما هو موضح في الشكل 2.



الشكل 02. صور SEM لـ (a) MH، و (b) MH بعد امتزاز صبغة MB.

(صورة أصلية)

كما هو موضح في الشكل 2 (أ)، يحتوي MH على سطح غير منتظم ومموج مع العديد من المسام والشقوق التي يمكن اعتبارها غير متجانسة مع تجاويف مرئية كبيرة موزعة بشكل عشوائي. يساعد الهيكل المسامي والخشن لـ MH على امتزاز صبغة MB. من ناحية أخرى، بعد إمتزاز MB، أصبح سطح MH أكثر تراصا مع أقل درجة في المسامية مما كان عليه قبل عملية الإمتزاز، كما هو موضح في الشكل 2 (ب).

من جهة أخرى، يشير تحليل EDX التمثيلي إلى أن العناصر الرئيسية الموجودة في الكتلة الحيوية لـ MH هي الكربون والأكسجين. يوضح الجدول 3 قيم التراكيز الذرية والكتلية للعناصر الموجودة في المادة الحيوية قبل وبعد الإمتزاز.

الجدول 03. قيم التراكيز الذرية والكتلية للعناصر الكيميائية في الكتلة الحيوية.

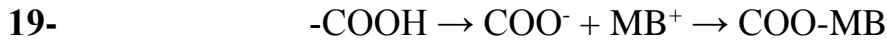

### 3.1. تحديد قيمة pH للكتلة الحيوية:

يمثل الشكل 03 منحنى تغير الفرق في درجة الحموضة بدلالة درجة الحموضة الابتدائية.



الشكل 03. منحني دراسة شحنة الكتلة الحيوية.

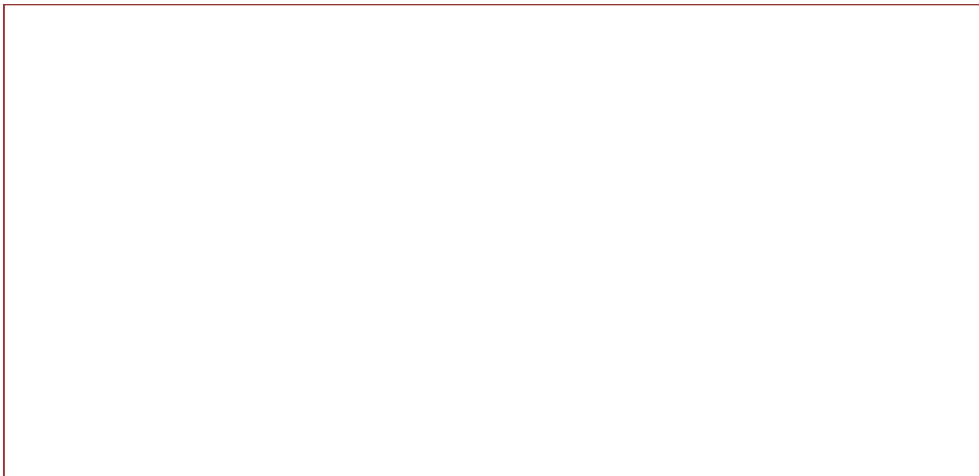
علاوة على ذلك، في محلول  $pH < pH_{pzc} = **$ ، كان سطح MH مشحوناً بشحنة  $**$  بشكل أساسي، وبالتالي، قد يحدث  $**$  بين كاتيونات MB وMH و  $**$  من سعة إمتزاز صبغة MB. من ناحية أخرى، مع زيادة الرقم الهيدروجيني للعملية، كان من المرجح أن يأخذ سطح MH شحنات  $**$  ويصبح بالتالي ملائماً بشكل  $***$  لإمتزاز MB بسبب قوى الجذب الكهروستاتيكية. قد ترجع ملاحظة أن إمتزاز MB ظل ثابتاً تقريباً من الرقم الهيدروجيني  $***$  وما بعده إلى الإزالة الكاملة للمجموعة النشطة وفق المعادلة التالية:



2. دراسة تحسين شروط الإمتزاز:

1.2. تأثير الكتلة:

يمثل الشكل 04 منحني تغيرات تأثير الكتلة على مردود إزالة صبغة أزرق الميثيلين.

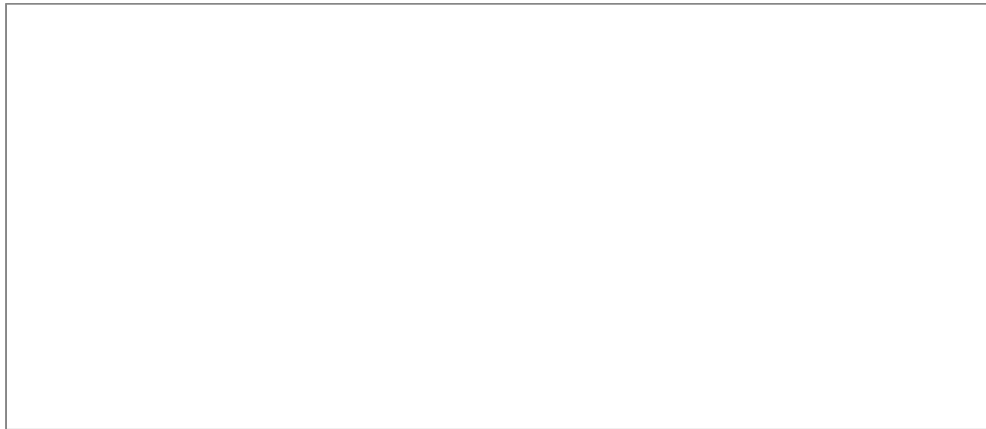


الشكل 04. تأثير الكتلة على قدرة إمتزاز أزرق الميثيلين بواسطة الكتلة الحيوية.

تمت دراسة تأثير الكتلة الممتزة على إزالة أزرق الميثيل بواسطة MH باستخدام كمية متفاوتة من MH، تتراوح من \*\* إلى \*\* ملغ عند حجم MB يبلغ \*\*\* مل وتركيز محلول صبغة ابتدائي \*\*\* ملغ / ل. أثناء هذه التجربة، تم تثبيت الشروط التجريبية الأخرى عند سرعة رج ثابتة تبلغ \*\*\* دورة/د ودرجة حرارة \*\*\* كلفن مع الإبقاء على درجة الحموضة للمحلول  $pH_8$ . تم توضيح النتائج في الشكل 4، حيث نلاحظ بوضوح أن إزالة أزرق الميثيلين زادت بشكل متناسب مع كتلة MH حتى القيمة \*\*\* ملغ أين بقي مردود الإزالة ثابتاً تقريباً مع تغير غير معتبر. تُعزى الزيادة في إزالة MB مع زيادة كتلة MH إلى زيادة عدد مواقع الإمتزاز على سطح المادة المازة والذي يوفر مزيداً من عمليات الربط لجزيئات الصبغة [1-2]. ومع ذلك، فإن الزيادة الإضافية للكتلة الحيوية بعد القيمة \*\*\* ملغ لم تحسن في مردود إزالة الصبغة إلا بمقدار طفيف. يفسر ذلك باحتمال تجمع جسيمات MH بكتل أعلى، مما أدى إلى انخفاض في مساحة السطح الفعالة لـ MH لإمتزاز صبغة بروميد الميثيل. لذلك، تم اختيار \*\*\* ملغ من MH ككتلة مثالية لإستكمال باقي التجارب.

## 2.2. تأثير درجة الحموضة:

يمثل الشكل 05 أعمدة بيانية لتغيرات تأثير درجة حموضة الوسط على مردود إزالة صبغة أزرق الميثيلين.

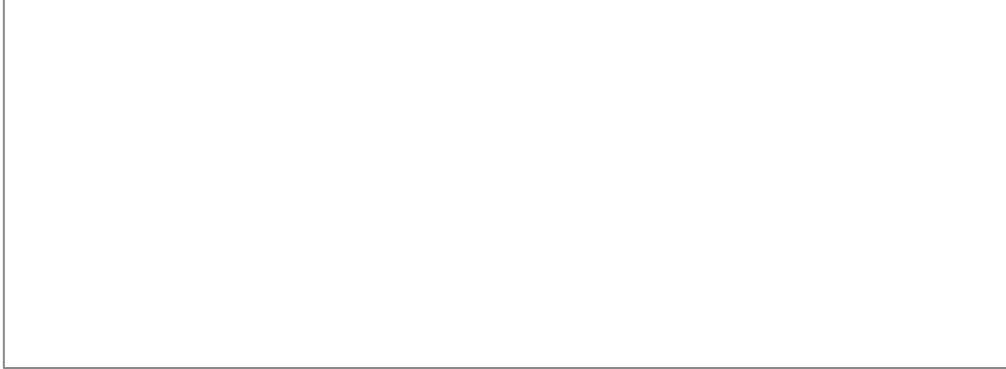


**الشكل 05.** أعمدة بيانية لتغيرات تأثير درجة حموضة الوسط على مردود إزالة صبغة أزرق الميثيلين.

تلعب قيمة الأس الهيدروجيني للمحلول، التي تؤثر على الشحن السطحي للممتز وحجم الصبغة، دوراً حيوياً في التحكم في عملية الإمتزاز. الشكل 5 يوضح تأثير الأس الهيدروجيني على إمتزاز MB على MH. كما لوحظ، زاد إمتزاز MB على MH تدريجياً مع زيادة درجة الحموضة في المحلول حتى الرقم الهيدروجيني \*\*، وبعد ذلك لم تظهر الزيادة الإضافية في قيم الأس الهيدروجيني أي تغيرات كبيرة. قد تكون القيمة المنخفضة لسعة الإمتزاز عند الأس الهيدروجيني الحمضي إما بسبب زيادة تركيز أيونات  $H^+$  التي تتنافس مع كاتيونات صبغة MB لمواقع الإمتزاز.

## 3.2. تأثير الزمن:

يوضح الشكل 06 تأثير تركيز أزرق الميثيلين الأولي ووقت الاتصال على إمتزاز الصبغة على الكتلة الحيوية.



الشكل 06. منحنى تأثير تركيز MB الأولي ووقت الاتصال على امتزاز MB على MH.

من الشكل 6، يُظهر منحنى امتزاز MB في التركيز الأولي أن عملية الإمتزاز في المرحلة الأولية كانت سريعة فيما يتعلق بوقت الاتصال وأصبحت تدريجياً أبطأ مع اقتراب حالة التوازن. في المرحلة الأولى من عملية الإمتزاز، كان هناك المزيد من المواقع السطحية النشطة الشاغرة من MH والتي كانت متاحة لإمتزاز جزيئات بروميد الميثيلين ومع مرور الوقت، أصبح توافر المواقع محدوداً مما أدى إلى تباطؤ العملية. ومع ذلك، أدت الزيادة في التركيز الأولي لبروميد الميثيلين إلى زيادة قدرة امتزاز MH.

## 3. نمذجة متساوي الحرارة:

نموذج متساوي الحرارة هو أكثر المعلومات ذات مغزى عن عملية الإمتزاز بسبب وصفها لكيفية توزيع جزيئات الإمتزاز بين السطح صلب -سائل عندما تصل عملية الإمتزاز إلى حالة توازن، وشرح مقاربات المادة المازة وحساب قدرة الإمتزاز. في هذا العمل تم استخدام نماذج لونجمير وفروندليش لدراسة خصائص توازن الإمتزاز. يصف نموذج فروندليش عملية الإمتزاز بين المادة الممتزة والجسم الماز ذو السطح غير المتجانس [3]. علاوة على ذلك، يشير نموذج فروندليش إلى أن عملية الإمتزاز لا تقتصر على تشكيل طبقة أحادية من جزيئات المادة الممتزة. في حين يفترض نموذج لونجمير أن الإمتزاز أحادي الطبقة فقط و يتميز سطح الماز بأنه متجانس، وهذا يشير إلى عدم وجود تفاعل بين جزيئات المادة الممتزة [4] يتم التعبير عن نموذج لونجمير 1918 بواسطة (المعادلة رقم 5 في الفصل الثالث).



## 4. النمذجة الحركية:

من أجل تحديد آلية امتزاز جزيئات الصبغة على الممتزات، تم استخدام نموذج الدرجة الأولى الزائفة غير الخطية ونماذج الدرجة الثانية الزائفة لاختبار البيانات التجريبية للتركيز الأولي. بشكل عام، يعبر نموذج PSO عن عملية الامتزاز التي يتم التحكم فيها عن طريق الامتزاز الكيميائي، بينما يعبر نموذج PFO عن عملية الامتزاز التي يتم التحكم فيها عن طريق التحلل الامتزاز الفيزيائي.

## 1.4. الدراسة الحركية من الرتبة شبه الاولى والرتبة شبه الثانية:

كانت البيانات الحركية مناسبة باستخدام الشكل غير الخطي لنماذج PFO و PSO. تم تسجيل المعلمات الحركية في الجدول 5. من الجدول 5، وجد أن امتزاز MB بواسطة MH يتبع النموذجين من حيث قيم معامل الارتباط الأعلى  $R^2$ .

الشكل 08. منحنيات النموذج الحركي للرتبة شبه الاولى والرتبة شبه الثانية

الجدول 05. معلمات النموذج الحركي للرتبة شبه الاولى والرتبة شبه الثانية


## 2.4. تأثير زمن الانتقال والتركيز الابتدائي على الإمتزاز:

الشكل 09. تأثير زمن الانتقال والتركيز الابتدائي على الإمتزاز.

زادت كمية MB الممتزة بواسطة MH عند التوازن بشكل ملحوظ من 33.76 إلى 70.59 ملغ / غ عند زيادة التركيز الأولي لـ MB من 25 إلى 500 ملغ / ل. يمكن أن يُعزى هذا التأثير إلى القوة الدافعة المعززة لانتقال كتلي لجزيئات MB نحو المسام النشطة داخل العمق الداخلي لـ MH عند تركيز صبغة أولي أعلى. عند تركيز MB الأولي المنخفض، على الرغم من أن القوة الدافعة كانت أبطأ، أدى امتزاز الكمية المحدودة من الصبغة بواسطة MH إلى إنشاء حالة التوازن بشكل أسرع. ومع ذلك، عند التركيز الأعلى من بروميد الميثيل، يتطلب تحقيق حالة التوازن وقتًا أطول لتحقيقه نظرًا لأن القوة الدافعة الأعلى سمحت لجزيئات بروميد الميثيل بالتغلغل بشكل أعمق في الداخل المسامي للمادة المازة [7]. ويؤيد هذا التفسير نتيجة هذه التجربة، حيث استغرق 25 ملغ / ل من MB

1-P80 دقيقة للوصول إلى حالة توازن الإمتزاز بينما تطلب تركيز 500 ملغ/ل مدة 960 دقيقة. ومن ثم، يتضح أن تركيز الصبغة الأولي يلعب دوراً مهماً في قدرة امتزاز MB بواسطة MH.

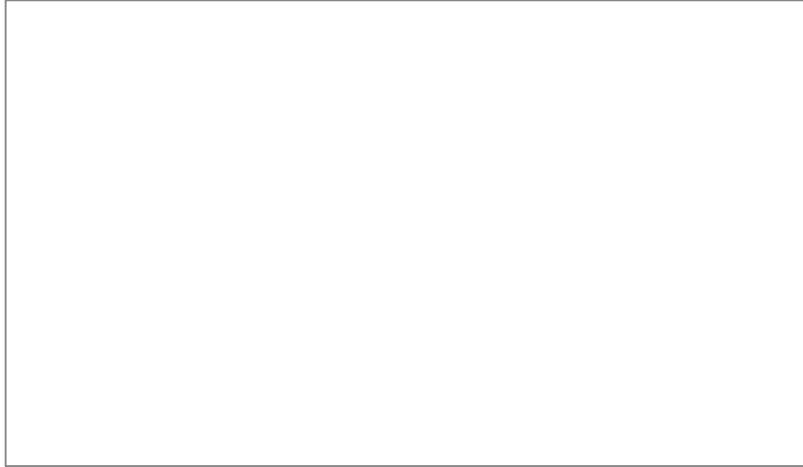
#### 3.4. نموذج الانتشار داخل الجسيمات:

يتم حساب هذه المعلمات من منحدر خطي qt مقابل  $t^{1/2}$ . يوضح مخطط الانتشار داخل الجسيمات (الشكل 11) متعدد الخطوط، مما يشير إلى أن عملية الامتزاز تتكون من عدة مراحل وأن الانتشار داخل الجسيمات ليس الخطوة الوحيدة للتحكم في المعدل في عملية الامتزاز [8].

الشكل 10. مخططات الانتشار داخل الجسيمات لامتزاز MB على MH.

#### 5. الدراسة الحرارية:

تم اشتقاق الدوال الديناميكية الحرارية لإمتزاز MB على MH من البيانات التجريبية التي تم الحصول عليها عند 293.15 و 315.15 و 324.15 كلفن لاستنتاج الطبيعة والجدوى الديناميكية الحرارية لعملية الإمتزاز. يتم حساب التغيير القياسي في الطاقة الحرة ( $\Delta G^\circ$ ) وتغيير المحتوى الحراري ( $\Delta H^\circ$ ) وتغيير الأنثروبي ( $\Delta S^\circ$ ) المتعلق بعمليات الإمتزاز وتلخيصها في الجدول 06.



الشكل 11. منحني تغييرات  $\ln k_d$  بدلالة  $T/1$  لحساب الدوال الترموديناميكية لإمتزاز MB على MH.

الجدول 06. قيم الدوال الترموديناميكية لإمتزاز MB على MH.

تم حساب قيم الأنتالبي والأنتروبي من المعادلة الخطية لمنحى رسم لوغاريتم معامل التوزيع بدلالة مقلوب درجة الحرارة كما في الشكل 11. القيم الحسابية مدرجة في الجدول 06. مع زيادة درجة حرارة الإمتزاز، زادت قيم  $k_d$  أيضاً، مما يشير إلى أن سعة إمتزاز MB لـ MH زادت مع ارتفاع درجة الحرارة وهذا يشير إلى أن عملية الإمتزاز كانت بطبيعتها ماصة للحرارة. دعت قيم  $^{\circ}\Delta G$  السلبية إلى أن عملية الإمتزاز كانت تلقائية وأكثر ملاءمة عند درجة حرارة منخفضة. أكدت القيمة الموجبة للأنتالبي 2.026 kJ/mol الطبيعة الماصة للحرارة لعملية الإمتزاز وأظهرت القيمة الموجبة للأنتروبي 7.377 J/mol.K زيادة العشوائية في السطح بين المحلول والكتلة الحيوية. في هذا العمل، تم العثور على قيمة  $^{\circ}\Delta H$  لتكون 2.026 كيلو جول/مول، مما يؤكد أن القوى الفيزيائية هي المتحكمة في امتزاز MB على MH.

## 6. تجارب الانبات:

### I. النتائج:

#### 1. النسبة المئوية للإنبات (GP%):

حسب النتائج المتحصل عليها (الشكل 12) فإن هناك انخفاض غير معنوي ( $P=0.335$ ) في متوسط نسب انبات بذور القمح الصلب (*Triticum durum Desf.*) صنف VITRON تحت تأثير صبغة MB في الوسط (الملحق 1:الجدول 1)، حيث سجلت نسبة الإنبات 97.33% عند كل من التركيزين (27.5, 100 mg/l) مقارنة مع نسبة انبات البذور الشاهد (100%)

**الشكل 12.** نسبة الانبات (%) GP لبذور القمح الصلب (*Triticum durum Desf*) صنف VITRON بدلالة صبغة ازرق الميثيلين.

#### 2. مؤشر قوة البذور (L) SVI:

حسب النتائج الموضحة في الشكل 13، فإن هناك انخفاض جد عالي المعنوية ( $P=0.000$ )، في مؤشر قوة البذور SVI لدى صنف القمح الصلب VITRON (الملحق 1:الجدول 2)، حيث سجلت أقل قيمة (444,3) لمؤشر SVI تحت تأثير التركيز الأعلى لتلوث الماء بصبغة MB (100 mg/l)، في حين كانت أعلى قيمة (1134,3) عند البذور المعاملة بالماء المقطر (0 mg/l).

**الشكل 13.** مؤشر قوة البذور (SVI) لبذور القمح الصلب (*Triticum durum Desf*) صنف VITRON بدلالة تركيز صبغة ازرق الميثيلين في الوسط.

3. الوزن الجاف للسويقة (SHW)، الوزن الجاف للجذير (RTW)، الوزن الكلي الجاف للبادرة (TSW) والنسبة جذير/سويقة (RTW/SHW) لدى بادرات القمح:

تبين النتائج المسجلة في الجدول 07 انخفاض جد عالي المعنوية ( $P=0.000$ ) في أوزان بادرات القمح الصلب صنف VITRON تحت تأثير تركيز صبغة MB في الوسط (الملحق 1:الجدول 6) . تم تسجيل أكبر وزن (11.647mg) عند بارادات القمح الشاهد، في حين تم تسجيل أدنى وزن (7,93 mg) عند بادرات القمح تحت تأثير سمية التركيز الأعلى (100 mg/l) من صبغة MB.

أكدت النتائج أيضا انخفاض جد عالي المعنوية (الملحق 1:الجدول 4\_5) في أوزان كل من السويقة والجذير لبادرات القمح تحت تأثير سمية صبغة MB في الوسط (الجدول 07)، حيث تم تسجيل أكبر أوزان للسويقة (5,893 mg) والجذير (5,753 mg) عند بادرات القمح الشاهد، في حين تم تسجيل أدنى الأوزان للسويقة (3,71 mg) والجذير (4.22 mg) عند بادرات القمح المعالجة بالتركيز 100 mg/l من صبغة MB.

**الجدول 07.** الوزن الجاف لسويقة، الوزن الجاف للجذير، الوزن الجاف الكلي للبادرة، النسبة للجذير/السويقة لدى بادرات القمح.


4. طول السويقة (SHL)، طول الجذير (RTL)، الطول الكلي للبادرة (TSL)، أيضا النسبة جذير/سويقة (RTL/SHL):

تبين النتائج المسجلة في الجدول 08 انخفاض جد عالي المعنوية ( $P=0.000$ ) في أطوال بادرات القمح الصلب صنف VITRON تحت تأثير تركيز صبغة MB في الوسط (الملحق 1:الجدول 11) ، حيث تم تسجيل أعلى طول (11,343 cm) عند بارادات القمح الشاهد، في حين تم تسجيل أدنى طول (4,44 cm) عند بادرات القمح المعالجة بأعلى تركيز من صبغة MB (100 mg/l).

أكدت النتائج أيضا انخفاض جد عالي المعنوية (الملحق 1:الجدول 9\_10) في أطوال كل من السويقة والجذير لبادرات القمح تحت تأثير اجهاد صبغة MB في الوسط (الجدول 08)، حيث تم تسجيل أعلى

طول للسويقة (5,357 cm) والجذير (5,997 cm) عند بادرات القمح الشاهد، في حين تم تسجيل أدنى الأطوال للسويقة (2,03 cm) والجذير (2,42 cm) عند بادرات القمح تحت تأثير سمية أعلى تركيز من صبغة MB (100 mg/l).

**الجدول 08.** طول السويقة (SHL)، طول الجذير (RTL)، الطول الكلي للبادرة (TSL) أيضا النسبة جذير / سويقة (RTL/SHL)


**5.** وزن المدخرات البذرية المستهلكة (RSR)، نسبة معدل استنفاد المدخرات البذرية (SRRR) ونسبة حركية المدخرات البذرية (RMRS) :

تبين النتائج المتحصل عليها (الجدول 09) انخفاض جد عالي المعنوية ( $P=0.000$ ) في كل المعايير المدروسة تحت تأثير اجهاد صبغة MB في الوسط (الملحق 1:الجدول 13\_14\_15)، حيث تم تسجيل أعلى قيمة لكل من RSR (21,57 mg)، SRRR (37,89 %) و RMRS (20,46 %) لبذور بادرات القمح الشاهد، في حين تم تسجيل أدنى القيم لكل من RSR (12,86 mg)، SRRR (22,6 %) و RMRS (13,93 %) لبذور بادرات القمح تحت تأثير سمية التركيز 100 mg/l لصبغة MB.

**الجدول 09.** وزن المدخرات البذرية المستهلكة (RSR)، نسبة معدل استنفاد المدخرات البذرية (SRRR) ونسبة حركية المدخرات البذرية (RMRS).


# المراجع

- [1] A.H. Jawad, R.A. Rashid, K. Ismail, S. Sabar, High surface area mesoporous activated carbon developed from coconut leaf by chemical activation with  $H_3PO_4$  for adsorption of methylene blue, *Desal. Wat. Treat.*, 74 (2017) 326–335.
- [2] C. Deng, J. Liu, W. Zhou, Y.K. Zhang, K.F. Du, Z.M. Zhao, Fabrication of spherical cellulose/carbon tubes hybrid adsorbent anchored with welan gum polysaccharide and its potential in adsorbing methylene blue, *Chem. Eng. J.*, 200–202 (2012) 452–458.
- [3] Al-Othman, Z.A., Ali, R., Naushad, M., 2012. Hexavalent chromium removal from Fig. 12. Illustration of the possible interaction between CCTPP/TiO<sub>2</sub> NC-50 and RO16: (a) electrostatic attraction, (b) n-p stacking interactions, (c) dipole-dipole hydrogen bonding interactions and (d) Yoshida H-bonding. 54 A.S. Abdulhameed *et al.* / *Journal of Cleaner Production* 232 (2019) 43e56 aqueous medium by activated carbon prepared from peanut shell: adsorption kinetics, equilibrium and thermodynamic studies. *Chem. Eng. J.* 184, 238e247.
- [4] Naushad, M., Ahamad, T., Sharma, G., Ala'a, H., Albadarin, A.B., Alam, M.M., Ghfar, A.A., 2016b. Synthesis and characterization of a new starch/SnO<sub>2</sub> nanocomposite for efficient adsorption of toxic Hg<sup>2+</sup> metal ion. *Chem. Eng. J.* 300, 306e316.
- [5] B.H. Hameed, H. Hakimi, Utilization of durian (*Durio zibethinus* Murray) peel as low cost sorbent for the removal of acid dye from aqueous solutions, *Biochem. Eng. J.*, 39 (2008) 338–343.
- [6] Cheng, S., Chen, Q., Xia, H., Zhang, L., Peng, J., Lin, G., Zhang, Q., 2018. Microwave one-pot production of ZnO/Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/activated carbon composite for organic dye removal and the pyrolysis exhaust recycle. *J. Clean. Prod.* 188, 900e910.
- [7] Singh, P.K., Sharma, K.P., Kumar, S. and Sharma, S., 2007. Assessment of environmental contamination potential of distillery effluent using plant and animal bioassays. *Nature, Environment and Pollution Technology*, 6(1): 63–74.
- [8] Pandey, S.N., Nautiyal, B.D. and Sharma, C.P., 2008. Pollution level in distillery effluent and its phytotoxic effect on seed germination and early growth of maize and rice. *Journal of Environmental Biology*, 29(2): 267–270
- [9] Samuel, S. and Muthukkaruppan, S.M., 2011. Physico-Chemical Analysis of Sugar Mill Effluent, Contaminated Soil and its Effect on Seed Germination of Paddy (*Oryza sativa* L.). *International Journal of Pharmaceutical & Biological Archives*, 2(5): 1469–1472

- [10] Rahman, M.A., Rayhan, M.Y.H., Chowdhury, M.A.H., Mohiuddin, K.M. and Chowdhury, M.A.K., 2018. Phytotoxic effect of synthetic dye effluents on seed germination and early growth of red amaranth. *Fundamental and Applied Agriculture*, 3(2): 480–490. <https://doi.org/10.5455/faa.299239>
- [11] Kannan, A. and Upreti, R.K., 2008. Influence of the distillery effluents on germination and growth of mung beans (*Vigna radiata*) seeds. *Journal of Hazardous Materials*, 153: 609–615. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.004>
- [12] Palanivel, M., Rajaguru, P., Kalaiselvi, K., Rajaram, N.S. and Ramanathan, G., 2004. Impact of dye industry effluent on seed germination and early seedling growth of *Sorghum bicolor* and *Zea mays*. *Advances in Plant Sciences*, 17: 717–723.
- [13] Malla, L. and Mohanty, B.K., 2005. Effect of paper mill effluent on germination of greengram (*Phaseolus aureus* Roxb.) and growth behaviour of seedlings. *Journal of Environmental Biology*, 26: 379–382.
- [14] David, N.S. and Rajan, M.R., 2015. Phytotoxic Effect of Dyeing Industry Effluent on Seed Germination and Early Growth of Lady's Finger. *Journal of Pollution Effects and Control*, 3(2): 1–4.
- [15] Rahman, M.A., Rayhan, M.Y.H., Chowdhury, M.A.H., Mohiuddin, K.M. and Chowdhury, M.A.K., 2018. Phytotoxic effect of synthetic dye effluents on seed germination and early growth of red amaranth. *Fundamental and Applied Agriculture*, 3(2): 480–490. <https://doi.org/10.5455/faa.299239>
- [16] Naseer S.H., Nasar A., Ashraf M., 2001. Effect Of Salt Stress On Germination And Seedling Growth Of Barley (*Hordium Vulgare* L.). *Pakistan J. Biol. Sci.* Vol 4.(3): 359-360.
- [17] Thornton FC, Schaedle M and Raynal DL, (1986). Effect of aluminum on the growth of sugar maple in solution culture. *Canadian Journal of Forest Research* 16: 892-896.



# خاتمة عامة

تعددت طرق تنقية المياه الملوثة الناتجة عن عدة مصادر مختلفة لكن غالبا ما يلجا الكثير الى تلك الطرق السهلة والاقل تكلفة.

يظهر عملنا هذا بوضوح قدرة قشور بذور المورينغا في ازالة صبغة ازرق الميثيلين حيث تعتبر هذه المادة الحيوية من اهم وأكثر المواد المازة فعالية وذلك لاحتوائها على خواص امتزايه عالية حيث بلغت نسبة المردود\*\*وهي نسبة معتبرة نوعا ما.

بينت الدراسة الاحصائية نموذجا مقبولا وذلك بعدما تم تثبيت الشروط التالية درجة الحرارة ودرجة الحموضة الزمن وكتلة المادة الحيوية كما اظهر النموذج قدرة جيدة على التنبؤ وكذا العمل خارج مجال التصميم.

• أظهرت نتائج نمذجة الايزوتارم توافقا ومعادلات \*\*\*\* أفضلية التوافق ونموذج \*\*\*\* بمعامل انحدار بلغ \*\*

• كما اظهرت دراسة النمذجة الحركية توافق النتائج والنموذج الحركي من \*\*\*\* بمعامل انحدار بلغ \*\*\*\*

• أظهرت نتائج النمذجة الحرارية ان الامتزاز تلقائي \*\*\*\*.

• تشير الانتبالي \*\*\* بقيمة

• تشير القيمتين \*\*\* للانتروبي لصبغة ازرق الميثيلين الى زيادة في مستوى عدم الانتظام في مكونات النظام المدروس، والذي يحتمل ارتباطها بالتغيرات في تكوين الجزيئات وتغير سطح المادة المازة.

ومنه يمكن القول ان لقشور بذور المورينغا قدرة عالية في امتزاز الملوثات العضوية وخاصة الاصباغ وبالتالي يمكن تصنيفه من بين العديد من المواد المازة الاكثر فعالية في مختلف الابحاث العلمية.

#### ✓ الافاق المستقبلية:

• زيادة انتاج بذور المورينغا وذلك بالاكثر من زراعة شجرة المورينغا

• تطوير استغلال هذا المورد في مختلف الأبحاث العلمية.

