



Réf : ...../UAMOB/F.SNV.ST/DEP.AGRO/2019

2019  
82/A/ABD

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

### EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV      Filière : Sciences Alimentaire  
Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

Présenté par :

Abdelli Assia

Lamri Hayat

Thème

**Caractérisation des coquilles des amandes amères issues de  
la région de Sétif.**

Soutenu le : 07 / 07 / 2019

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
Mme Mecerlem D.	<i>MCA</i>	<i>FSNVST/Univ. de Bouira</i>	<i>Présidente</i>
Melle Ferhoum F.	<i>MAA</i>	<i>FSNVST/Univ. de Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>
Mme Bourfis N.	<i>MAA</i>	<i>FSNVST/Univ. de Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
Mr Aitmerzeg F.	<i>Ataché de recherche</i>	<i>CRAPC. de Tipaza</i>	<i>Co-Promoteur</i>

*Année Universitaire : 2018/2019*

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

**PARTIE TEORIQUE**  
**Chapitre I. L'amande et l'amandier**

I.1. Historique.....	3
I.2. Présentation de l'arbre .....	3
I.3. Classification botanique.....	3
I.4. Description de l'amandier.....	4
I.4.1. Système racinaire.....	4
I.4.2. Fruit.....	4
I.4.3. Feuilles.....	4
I.5. Morphologie de l'amande.....	4
I.5.1. Le noyau.....	4
I.5.2. Tégument.....	5
I.5.3. La coquille.....	5
I.5.4. Enveloppe charnue.....	5
I.6. Composition chimique.....	5
I.7. Différence entre l'amande douce et l'amande amère .....	6
I.7.1 Amertume des amandes sauvages.....	6
I.8. Utilisations de la coquille d'amande .....	7
I.8.1. Adsorption des colorants par la coquille d'amandes.....	7
I.9. Les colorants.....	7
I.9.1. Utilisation des colorants.....	8
I.9.2. Bleu de méthylène.....	8
I.9.3 Utilisation de bleu de méthylène.....	8
I.9.2. Toxicité du bleu de méthylène.....	9
I.9.3. Toxicités des colorants et dangers environnementaux.....	9
I.9.3.1 Dangers évidents.....	9
I.9.3.2 Dangers à long terme .....	9
I.9.4. Procédés d'élimination des colorants.....	9

**Chapitre I. Phénomène d'adsorption**

Introduction.....	10
II.1. Définition la biosorption.....	10
II.2. Définition de l'adsorption.....	10
II.2.1 Types d'adsorption.....	11

II.2.1.1 .Adsorption physique ou physisorption .....	11
II.2.1.2. Adsorption chimique .....	11
II.2.2. Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique.....	12
II.2.3. Mécanisme d'adsorption.....	12
II.2.4. Facteurs influant sur l'adsorption.....	13
a. Influence du PH sur l'adsorption.....	13
b. La température .....	13
c. La nature de l'adsorbant.....	14
d. Nature de l'adsorbat.....	14
e. Temps de contact entre solide et soluté.....	14
f. Orientation des molécules .....	14
g. Surface spécifique.....	14
II.3. Etude des Paramètres influençant l'adsorption.....	15
II.3.1. Détermination des paramètres significatifs par Plackett-Burman.....	15
II.3.2. Plans d'expériences.....	15
II.3.2.1. Modélisation par le plan factoriel.....	15
II.4. La modélisation d'adsorption.....	16
II.4.1. Classification des isothermes d'adsorption.....	16
a- Isotherme de type C.....	17
b. Isotherme de type L.....	17
c. Isotherme de type H.....	17
d. Isotherme de type S.....	17
II.4.2. Modélisation des isothermes d'adsorption.....	17
II.4.2.1. Modèle de Langmuir.....	18
II.4.2.2. Modèle de Freundlich.....	19
II.4.2.3. Modèle de Temkin.....	19
II.4.3. Cinétique d'adsorption.....	20
II.4.3.1. Modèle pseudo-premier-ordre.....	20
II.4.3.2. Modèle de pseudo-deuxième-ordre.....	20
II.4.3.3. Modèle de diffusion :.....	21
II.4.3.4. Modèle d'Elovich.....	21
II.5. Etude thermodynamique .....	23
II.6 Énergie d'activation .....	24
<b>Chapitre III. Matérielles et Méthodes</b>	
III.1 Présentation du biosorbant.....	24

III.2 Caractérisation de l'adsorbant.....	24
III.2.1 Analyse physico-chimique.....	25
III.2.1.1 granulométrie.....	25
III.2.1.2 Détermination de la densité apparente.....	25
III.2.1.3 teneur en eau.....	25
III.2.1.4 Taux de cendres.....	26
III.2.1.5 pH.....	26
III.2.1.6. Détermination de l'acidité titrable.....	27
III.2.1.7 Dosage des fibres.....	27
III.2.2 Analyses structurales.....	29
III.2.2.1 Analyse par microscope électronique à balayage.....	29
III.2.2.2 Analyse par fluorescence à rayons X.....	30
III.2.2.3 Analyse par spectroscopie infrarouge.....	31
III.2.2.4 Diffraction des rayons X.....	32
III.2.2.5 Analyse thermique.....	32
III.3 PH isoélectrique .....	33
III.4 Caractérisation de l'adsorbat.....	33
III.4.1 Analyse par spectrophotométrie UV/visible.....	33
III.5. Modélisation de l'adsorption en batch.....	34
III.5.1. Cinétique d'adsorption.....	34
III.5.2. Isotherme d'adsorption.....	34
III.5.3. Méthodes de traitement des résultats d'adsorption .....	34
III.6 Effet de la température et étude thermodynamique .....	35

#### **Chapitre IV. Résultats et discussion**

IV.1 Caractérisation physico-chimique de la coquille d'amande.....	37
IV.2 Analyses structurales.....	38
IV.2.1 Analyse chimique par la fluorescence à rayons X.....	38
IV.2.2 Analyse par spectroscopie infrarouge.....	39
IV.2.2.1 L'identification des groupements.....	39
IV.2.3 Analyse par microscope électronique à balayage.....	40
IV.2.4 Diffraction des rayons X.....	42
IV.2.5 Analyse thermique.....	43
IV.3 pH isoélectrique.....	45
IV.4 Optimisation et modélisation d'adsorption par les plans d'expérience.....	45
IV.4.1 Etude des paramètres significatifs d'adsorption par Plackett Burman .....	45

---

IV.4.2 Optimisation des paramètres de l'adsorption par le plan factoriel complet ...	49
IV.5 Etude de la cinétique d'adsorption .....	51
IV.5.1 Modélisation de la cinétique d'adsorption .....	51
IV.5.1.1 Modèle pseudo-premier ordre.....	52
IV.5.1.2 Modèle pseudo-deuxième ordre.....	53
IV.5.1.3 Modèle d'Elovich.....	55
IV.5.1.4 Modèle de diffusion.....	56
IV.6 Isothermes d'adsorption.....	60
IV.6.1 Modélisation des isothermes.....	60
IV.7 Etude thermodynamique .....	64
IV.8. Energie d'activation.....	65
Conclusion générale .....	67
Références bibliographiques	

Introduction

## Résumé

La présente étude a pour objectif d'étudier la possibilité de valoriser les coquilles des amandes amères comme un biosorbant pour l'élimination de colorant (bleu de méthylène), la coquille d'amande a été utilisée sous sa forme naturelle. L'adsorption du BM est étudiée en système batch et en colonne.

L'influence des paramètres sur le rendement et la quantité d'adsorption à savoir : pH, dose du biosorbant, concentration du BM, T°, vitesse d'agitation, temps de contact et la granulométrie ont été étudiés en utilisant la méthodologie de Plackett Burman et pour développer un modèle mathématique on a utilisé plan factoriel complet à pour but de déterminer les conditions optimums pour l'élimination de BM.

- Les modèles mathématiques obtenus pour système en batch sont les suivants :
- $Q_e = 48,35 + 9,71[C] + 21,71 \text{ pH} - 26,62 \text{ Dose} + 5,53 [C]. \text{ pH} - 5,43 [C]. \text{ Dose} - 19,78 \text{ pH}. \text{ Dose} - 4,87 [C]. \text{ pH}. \text{ Dose} + \epsilon.$
- $R = 78,61 + 4,096 [C] + 3,45 T^\circ + 14,08 \text{ pH} + 10,58 (\text{dose}) - 0,26 [C].T - 7,5349 [C].\text{PH} - 6,54 T. \text{ pH} - 3,37[C]. \text{dose} - 3,26 T. \text{ dose} - 10,14 \text{ pH}. \text{dose} + \epsilon.$

La cinétique d'adsorption a été vérifiée en testant plusieurs modèles cinétiques afin de déterminer le mécanisme de biosorption, on a trouvé que la cinétique réponde au modèle de deuxième ordre.

Les formes linéaires des isothermes de Freundlich, Langmuir, et Temkin ont été appliquées aux données de biosorption et on a trouvé que le modèle de Langmuir a donné une meilleure adéquation aux résultats expérimentaux selon les analyses statistiques.

Les paramètres thermodynamiques ont été calculés :  $\Delta H$ ,  $\Delta S$ , et  $\Delta G$ . Le processus d'adsorption est avéré être endothermique et spontanée. La valeur de l'énergie d'activation de BM par CA est ( $E_a = 0,702 \text{ KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) ce qui indique que la réaction d'adsorption est rapide.

**Mots clés :** Biosorption, CA, BM, modélisation, optimisation, cinétique, isotherme.

## Abstract :

The purpose of this study is to investigate the possibility of valuing shells of bitter almonds as a biosorbent for the removal of dye (methylene blue), the almond shell was used in its natural form. The adsorption of BM is studied in batch and column systems.

The influence of the parameters on the yield and the quantity of adsorption namely: pH, biosorbant dose, BM concentration, T°, stirring speed, contact time and particle size were studied using the plackett methodology. Burman and to develop a mathematical model one has used complete factorial plan aims to determine the optimal conditions for the elimination of BM.

The mathematical models obtained for batch system are as follows:

- $Q_e = 48,35 + 9,71 [C] + 21,71 \text{ pH} - 26,62 \text{ Dose} + 5,53 [C]. \text{ pH} - 5,43 [C]. \text{ Dose} - 19,78 \text{ pH}. \text{ Dose} - 4,87 [C]. \text{ pH}. \text{ Dose} + \epsilon.$
- $R = 78,61 + 4,096 [C] + 3,45 T^\circ + 14,08 \text{ pH} + 10,58 (\text{dose}) - 0,26 [C].T - 7,5349 [C].\text{PH} - 6,54 T. \text{ pH} - 3,37 [C]. \text{dose} - 3,26 T \text{ dose} - 10,14 \text{ pH}. \text{dose} + \epsilon.$

The kinetics of adsorption was verified by testing several kinetic models in order to determine the biosorption mechanism, it was found that the kinetics respond to the second order model.

The linear forms of the Freundlich, Langmuir, and Temkin isotherms were applied to the biosorption data and it was found that the Langmuir model gave a better fit to the experimental results according to the statistical analyzes.

The thermodynamic parameters were calculated:  $\Delta H$ ,  $\Delta S$ , and  $\Delta G$ . The adsorption process is proven to be endothermic and spontaneous. The value of the activation energy of BM by CA is ( $E_a = 0,702 \text{ KJ} / \text{mol}$ ) indicating that the reaction of adsorption is fast.

**Key words:** Biosorption, CA, BM, modeling, optimization, kinetics, isotherm.

## ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى دراسة إمكانية تقييم أصداف اللوز المر كمواد حيوية للتخلص من صبغة (أزرق الميثيلين). تمت دراسة امتصاص اصداف اللوز على نموذج الدفعة.

تأثير المعالم على المردود وكمية امتصاص أزرق الميثيلين عن طريق : درجة الحموضة، التركيز، وقت الاتصال وحجم الجسيمات باستخدام منهجية بلاكيت. بورمان ولتطوير نموذج رياضي واحد استخدم خطة قوية كاملة تهدف إلى تحديد الظروف المثلى للقضاء على أزرق الميثيلين: النماذج الرياضية التي تم الحصول عليها لنظام الدفعات هي كما يلي:

- $Q_e = 48,35 + 9,71 [C] + 21,71 \text{ pH} - 26,62 \text{ Dose} + 5,53 [C]. \text{ pH} - 5,43 [C]. \text{ Dose} - 19,78 \text{ pH}. \text{ Dose} - 4,87 [C]. \text{ pH}. \text{ Dose} + \epsilon.$
- $R = 78,61 + 4,096 [C] + 3,45 T^\circ + 14,08 \text{ pH} + 10,58 (\text{dose}) - 0,26 [C].T - 7,5349 [C].\text{PH} - 6,54 T. \text{ pH} - 3,37 [C]. \text{dose} - 3,26 T. \text{ dose} - 10,14 \text{ pH}. \text{dose} + \epsilon.$

تم التحقق من حركية الامتصاص عن طريق اختبار العديد من النماذج الحركية من أجل تحديد آلية الامتصاص الحيوي، وقد وجد أن الحركية تستجيب لنموذج الترتيب الثاني.

تم تطبيق الأشكال الخطية من متساوي الحرارة Freundlich و Langmuir و Temkin على بيانات الامتصاص الحيوي وقد وجد أن نموذج Langmuir. أعطى أفضل النتائج التجريبية وفقاً للتحليلات الإحصائية.

بعد حساب المؤشرات الترموديناميكية  $\Delta G$ ,  $\Delta S$ ,  $\Delta H$ , تاكد ان تفاعل الامتصاص ماص للحرارة وعفوي. قيمة طاقة التنشيط لأزرق الميثيلين باصداف اللوز ضعيفة ( $E_a = 0,702 \text{ KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ ) هذا يدل على رد فعل الامتزاز سريع.

الكلمات المفتاحية: النمذجة، قشور اللوز، أزرق الميثيلين، التحسين، الحركية، الأيسوترم.