

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03
FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

Mémoire

PRESENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN GÉNIE DES PROCÉDÉS
OPTION : GÉNIE DES PROCÉDÉS DE L'ENVIRONNEMENT

ÉVALUATION EXPÉRIMENTALE DE LA
PERFORMANCE D'UN BIO-ADSORBANT ISSU DE
NOYAUX D'OLIVES ET DE DATTES POUR
L'ÉLIMINATION D'UN COLORANT ANIONIQUE :
ÉTUDE EN MODES STATIQUE ET DYNAMIQUE

Présenté par :

Bennaidja Djihane Malak

Barka Khouloud Ayat Errahmane

Behnas Soumia Nouha

Dirigé par :

Kolli Mounira

Grade : MCA

Année universitaire
2024-2025
Session : Juin

Table de matière

Introduction générale	1
Chapitre I Pollution de l'eau	4
I 1. Introduction	4
II.2. Définition de la pollution	4
II.3. Différents types de pollution.....	5
I.3.1. Pollution de l'air	5
I.3.2. Pollution des sols.....	5
I.3.3. Pollution des eaux	5
I.4. Polluants présents dans l'eau.....	6
I.4.1. Matières en suspension	6
I.4.2. Matières organiques	6
I.4.3. Matières inhibitrices.....	7
I.4.4. Sels minéraux.....	7
I.4.5. Acides et alcalins.....	7
I.4.6. Déchets solides divers	7
I.4.7. Détergents synthétiques	8
I.4.8. Matières colorantes.....	8
I.5. Classification de la pollution	8
I.5.1 Selon le type du polluant	9
I.5.2. Selon l'origine de la pollution.....	10
I.6. Paramètres de mesure de la pollution d'eau	11
I.6.1. Paramètres organoleptiques.....	11
I.6.2. Paramètres physiques.....	12

I.6.3. Paramètres chimiques	12
I.7. Conséquences de la pollution de l'eau	13
I.8. Pollution des eaux par les colorants.....	14
I.8.1. Effet des colorants sur les systèmes aquatiques.....	14
I.9. Conclusion	15
Chapitre II Généralité sur les colorants	16
II.1. Introduction.....	16
II.2. Historique	16
II.3. Définition.....	17
II.4. Classification des colorants	17
II.4.1. Classification technologique	17
II.4.2. Classification technique	17
II.4.2.1. Colorants naturels	18
II.4.2.2. Colorants synthétiques.....	18
II.5. Classification des colorants	18
II.5.1. Classification chimique	18
II.5.1.1. Colorants azoïques	18
II.5.1.2. Colorants triphénylméthanes.....	19
II.5.1.3. Colorants anthraquinoniques.....	19
II.5.1.4. Colorants indigoïdes	20
II.5.1.5. Colorants xanthènes	20
II.5.1.6. Phtalocyanines.....	20
II.5.2. Classification tinctoriale	21
II.5.2.1. Colorants acides ou anioniques	21

II.5.2.2. Colorants basiques ou cationiques	21
II.5.2.3. Colorants à complexe métallique	21
II.5.2.3. Colorants réactifs	22
II.5.2.4. Colorants directs.....	22
II.5.2.5. Colorants mordants	22
II.5.2.6. Colorants de cuve.....	22
II.5.2.7. Colorants disperses.....	23
II.6. Utilisation des colorants.....	23
II.7. Toxicité des colorants	24
II.7.1. Définition de la toxicité.....	24
II.7.2. Toxicité des colorants sur la santé humaine	24
II.8. Procédés de traitement des effluents chargés de colorants.....	25
II.8. Conclusion.....	25
Chapitre III Procédés de Traitement des Effluents Liquides et Phénomène	
d'Adsorption	26
III.1. Introduction	26
III.2. Procédés de traitement des effluents liquides.....	26
III.2.1. Procédés physique	26
III.2.1.1. Filtration sur membrane.....	26
III.2.1.2. Méthode physico-chimique : coagulation_floculation.....	27
III.2.1.3. Adsorption.....	27
III.2.2. Procédés chimique	28
III.2.2.1. Procédés d'oxydation avancée.....	28
III.2.3. Procédés biologique	28

III.2.3.1. Traitement aérobie	28
III.2.3.2. Traitement anaérobie	29
III.3. Généralité sur le phénomène d'adsorption en phase liquide.....	29
III.3.1. Historique.....	29
III.3.2. Définition générale de l'adsorption	29
III.3.3. Types d'adsorption.....	29
III.3.3.1. Adsorption chimique (ou chimisorption)	30
III.3.3.2. Adsorption physique (ou physisorption)	30
III.3.4. Applications	30
III.3.5. Mécanisme d'adsorption.....	30
III.3.5.1. Transfert de matière externe (résistance de surface).....	31
III.3.5.2. Transfert de matière interne (macroporeux).....	31
III.3.5.3. Diffusion de surface (pour certains adsorbants).....	31
III.3.6. Facteurs influençant le phénomène d'adsorption.....	31
III.3.6.1. Nature de l'adsorbat.....	31
III.3.6.2. Nature de l'adsorbant.....	32
III.3.6.3. Température.....	32
III.3.6.4. Surface spécifique	32
III.3.6.5. pH du milieu.....	32
III.3.6.6. Effet de la concentration.....	32
III.3.6.7. Effet de l'agitation	32
III.3.7. Isotherme d'adsorption	32
III.3.7.1. Définition de l'isotherme	32
III.3.7.2. Classification des isothermes	33

III.3.7.3. Modélisation des isothermes d'adsorption.....	34
III.3.8. Modèles cinétiques	38
III.3.8.1. Modèles de pseudo-premier ordre	38
III.3.8.2. Modèle de pseudo-second ordre.....	38
III.3.8.3. Modèle d'Elovich.....	39
III.3.8.4. Modèle de diffusion intra-particulaire	39
III.3.8.5. Modèle de diffusion externe	39
III.3.9. Adsorbants	40
III.3.9.1. Principaux types d'adsorbants	40
III.3.10. Technique d'adsorption en phase liquide	41
III.3.10.1. Adsorption en colonne.....	41
III.3.10.2. Adsorption en batch.....	43
III.4. Conclusion	44
Chapitre IV Matériels et méthodes expérimentales	45
IV.1. Introduction.....	45
IV.2. Colorant choisi.....	45
IV.2.1. Caractéristiques physiques et chimiques du colorant Vert Acide 25 ..	45
IV.2.2. Utilisations.....	46
IV.3. Adsorbant choisi	46
IV.3.1. Préparation de notre adsorbant.....	47
IV.3.2. Détermination du pH au point de charge zéro (pH_{pzc})	48
IV.3.3. Travaux relatifs à l'application de bio-adsorbants dérivés de noyaux d'olives et de dattes dans l'adsorption des colorants.....	49
IV.4. Matériels utilisés	50

IV.5. Méthode d'analyse : spectrophotomètre UV-visible.....	51
IV.5.1. Loi de Beer-Lambert	51
IV.5.2. Spectre d'absorbance du colorant Vert Acide 25 en UV-Visible	52
IV.6. Courbe d'étalonnage	53
IV.7. Procédure expérimentale du processus d'adsorption en batch.....	53
IV.7.1. Influence de certains paramètres	54
IV.7.1.1. Effet de la masse d'adsorbant	54
IV.7.1.2. Effet du pH de la solution.....	54
IV.7.1.3. Effet du temps de contact et de la concentration initiale	55
IV.7.1.4. Effet de la température du milieu	55
IV.7.2. Isothermes d'adsorption.....	55
IV.7.3. Régénération et réutilisation du bio-adsorbant en mode batch	56
IV.8. Procédure expérimentale du processus d'adsorption en lit fixe	56
IV.8.1. Présentation du montage expérimental	56
IV.8.2. Procédure expérimentale	57
IV.8.3. Expériences réalisées au cours de cette étude	57
IV.8.3.1. Effet du débit	58
IV.8.3.2. Effet de la concentration	58
IV.8.3.3. Effet du pH de la solution.....	58
IV.8.3.4. Effet de la hauteur de la colonne	58
IV.8.3.5. Effet du diamètre de la colonne	59
IV.8.3.6. Régénération et réutilisation du bioadsorbant en mode dynamique.	59
IV.9. Conclusion.....	59
Chapitre V Résultats et discussions	60

V.1. Introduction	60
V.2. Détermination du pH au point de charge zéro.....	60
V.3. Résultats expérimentaux de l'adsorption en batch	61
V.3.1. Détermination des conditions optimales d'adsorption	61
V.3.1.1. Effet du rapport solide/liquide (r)	61
V.3.1.2. Effet du pH.....	62
V.3.1.3. Influence du temps de contact.....	63
V.3.1.4. Effet de la température	64
V.3.2. Etude cinétique	65
V.3.2.1. Détermination des données cinétique.....	65
V.3.2.2. Modélisation de la cinétique d'adsorption	66
V.3.3. Etude thermodynamique.....	70
V.3.4. Isotherme d'adsorption	72
V.3.4.1. Détermination de l'isotherme d'adsorption	72
V.3.4.2. Modélisation des isothermes d'adsorption.....	72
1 Modèle de Freundlich	72
2 Modèle de Langmuir	73
3 Modèle de Temkin	75
4 Modèle d'Elovich	76
5 Modèle de Dubinin-Radushkevich.....	76
V.3.5. Régénération et réutilisation du bio-adsorbant en batch	77
V.4. Résultats expérimentaux de l'adsorption en lit fixe	79
V.4.1. Détermination de la courbe de percée.....	79
V.4.2. Effet des conditions opératoires sur les courbes de percée	80

V.4.2.1. Effet du débit de la solution	80
V.4.2.2. Effet de la concentration initiale.....	81
V.4.2.3. Effet de la hauteur de la colonne	83
V.4.2.4. Effet du pH de la solution.....	84
V.4.2.5. Effet de diamètre de la colonne	86
V.4.3. Régénération et réutilisation du bio-adsorbant en lit fixe.....	87
V.5. Conclusion	88
Conclusion générale.....	90
<i>Références</i>	1

Résumé

Ce travail vise à développer un bio-adsorbant mixte à partir de résidus agroalimentaires (noyaux d'olives et de dattes) pour l'élimination du colorant anionique Vert Acide 25 (VA25). L'étude a été menée en modes statique (batch) et dynamique (lit fixe) afin d'évaluer les performances d'adsorption selon différents paramètres opératoires.

En mode statique, les résultats ont montré que l'adsorption est maximale à pH acide ($\text{pH} = 2$), à température modérée ($15\text{ }^{\circ}\text{C}$), avec une masse d'adsorbant de 8 g/L et un temps de contact de 120 minutes. L'équilibre cinétique suit un modèle de pseudo-second ordre, tandis que l'isotherme d'adsorption est mieux décrite par le modèle de Langmuir, avec une capacité d'adsorption maximale de 8.0006 mg/g . L'étude thermodynamique a révélé un processus exothermique, spontané et de type physisorption.

En mode dynamique, les résultats montrent que les performances d'adsorption (rendement, quantité adsorbée, temps de percée, temps de saturation et temps de séjour) augmentent avec la diminution de la concentration initiale du colorant, du débit, du pH et du diamètre de la colonne, ainsi qu'avec l'augmentation de la hauteur du lit. Les courbes de percée obtenues sont plus étalées dans des conditions favorables à un transfert de masse prolongé.

Mots-clés:

Adsorption dynamique; Adsorption statique; Courbe de percée ; Colorant Vert Acide 25.

ملخص

يهدف هذا البحث إلى تطوير مادة ممتزة حيوية مختلطة مشتقة من مخلفات الصناعات الزراعية الغذائية (نوى الزيتون ونوى التمر) لإزالة الصبغة الأنثرونية "الأخضر الحمضي 25" (VA25). تم تقييم كفاءة الامتزاز في وضعي التشغيل: الدفعي (الساكن) والمستمر (باستخدام عمود ثابت)، لدراسة تأثير المعلمات التشغيلية الرئيسية.

في الوضع الدفعي، تم تحقيق إزالة مثلى للصبغة عند درجة حموضة حمضية ($pH = 2$)، ودرجة حرارة معتدلة ($15^{\circ}C$)، بجرعة ممتزة 8 غ/ل وزمن تلامس قدره 120 دقيقة. أظهرت دراسة الحركية أن الامتزاز يتبع نموذج الرتبة الثانية الكاذبة، بينما تم وصف البيانات التجريبية بشكل جيد بواسطة نموذج لانغمير، مع سعة امتزاز قصوى بلغت 8.0006 ملغ/غ. أما التحليل الثرموديناميكي فقد أظهر أن العملية طاردة للحرارة، تلقائية، وتخضع لآلية امتزاز فيزيائي.

في وضع العمود الثابت، تزداد كفاءة الامتزاز، وزمن الاختراق، وزمن التشبع، وزمن الإقامة، والكمية الممتزة من الصبغة مع انخفاض تركيز الصبغة الابتدائي، معدل الجريان، ودرجة الحموضة، وقطر العمود، ومع زيادة ارتفاع طبقة الممتز. تؤدي هذه الشروط إلى منحنيات اختراق أكثر اتساعاً، مما يشير إلى تحسين نقل الكتلة.

الكلمات المفتاحية:

الامتزاز الديناميكي؛ الامتزاز الساكن؛ منحنى الاختراق؛ الصبغة الخضراء الحمضية 25.