

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

ELIMINATION D'UN COLORANT INDUSTRIEL
PAR ADSORPTION ET PHOTOCATALYSE

Présenté par :

REBBADJ Sif Eddine

FILALI Djihene

BENZADRI Ikram

Dirigé par :

Dr. GHERBI Naima

MCA

Année universitaire

2023-2024

Session : j

Sommaire

Introduction générale	2
Chapitre 01 : Synthèse bibliographique	4
1.1 Pollution par les colorants	5
1.1.1 Introduction	5
1.1.2 La Toxicité des colorants et leur impact sur la santé et l'environnement.....	5
1.2 Classification chimique des colorants	6
1.2.1 Les colorants azoïques	6
1.2.2 Les colorants triphénylméthanes.....	7
1.2.3 Les colorants indigoïdes	7
1.2.4 Les colorants xanthènes.....	8
1.2.5 Les colorants anthraquinoniques.....	8
1.2.6 Les phtalocyanines	8
1.2.7 Les colorants nitrés et nitrosés	9
1.3 Classification tinctoriale des colorants	9
1.3.1 Les colorants acide ou anionique	9
1.3.2 Les colorants basique ou cationique	10
1.3.3 Les colorants développés ou azoïques insolubles	10
1.3.4 Les colorants de cuve	10
1.3.5 Les colorants réactifs.....	11
1.3.6 Les colorants directs ou substantifs.....	11
1.3.7 Les colorants à mordant	12
1.3.8 Les colorants dispersés	12
1.4 Traitement des effluents colorés	12

1.4.1 Filtration membranaires	12
1.4.2 Floculation-Coagulation	12
1.4.3 Adsorption	13
1.4.4 Procédés d'Oxydation Avancée (POA)	13
1.5 Théorie d'adsorption	13
1.5.1 Adsorption chimique (ou chimisorption)	13
1.5.2 Adsorption physique (ou physisorption)	14
1.5.3 Mécanisme d'adsorption	14
1.5.4 Modèles de la cinétique d'adsorption	14
1.5.4.a Modèle du pseudo premier ordre (modèle de LAGERGREN)	15
1.5.4.b Modèle de la cinétique de pseudo deuxième ordre	15
1.5.4.c Modèle de Freundlich modifié	16
1.5.4.d Diffusion intra particule	16
1.5.4.e Diffusion dans le film liquide	16
1.5.4.f Modèle d'Elovich	16
1.5.5 Les isothermes d'adsorption	17
1.5.5.a Modèle de Langmuir	17
1.5.5.b Modèle de Freundlich	18
1.6 Procédés photochimiques hétérogènes	18
1.6.1 Les catalyseurs	18
1.6.2 Mécanisme de photocatalyse par ZnO	20
1.6.3 La Synthèse classique des catalyseurs.....	21
1.6.3.a Le procédé co-précipitation	21
1.6.3.b La méthode sol-gel	22
1.6.3.c La Biosynthèse de ZnO (Synthèse verte).....	22
1.6. 4 Cinétique de la dégradation photocatalytique	23

Chapitre 2: Procédure expérimentale et méthode d'analyse.....	28
2.1 Introduction	28
2.2 Matériels	28
2.3 Les réactifs utilisés	29
2.4 Colorant étudié	29
2.4.1 Préparation des solutions de rouge azucryl	30
2.4.2 Méthode de dosage.....	30
2.5 Méthode de préparation de l'extrait	32
2.6 Contenu total en polyphénols	33
2.7 Optimisation des conditions d'extraction des polyphénols	33
2.7 Synthèse chimique des photocatalyseurs	35
2.7.1 Synthèse d'oxyde de zinc par co-précipitation (ZnO-Cop)	35
2.7.2 Synthèse d'oxyde de zinc par sol-gel (ZnO-Sg1)	36
2.8 Synthèse Verte des photo-catalyseurs (bio-synthétise)	37
2.8.1 Oxyde d'argent vert	37
2.8.2 Oxyde de zinc vert	37
2.8.3 Oxyde de cuivre vert	37
2.8.4 Oxyde de zinc dopé par le cuivre vert (ZnCuO-V)	37
2.9 Analyse par spectroscopie IRTF	38
2.9.1 Principe de la méthode	38
2.9.2 Interprétation des spectres obtenus	38
2.10 Description des essais d'adsorption et de photocatalyse	40
Chapitre 3 :Résultats et Discussions.....	46
3.1 Introduction	44
3.2 Optimisation des conditions d'extraction des polyphénols	44
3.2.1 Etablissement du modèle mathématique	45

3.2.2 Analyse graphique du modèle	45
3.2.2.a Effet des facteurs principaux sur la concentration des polyphénols	45
3.2.2.c Graphique de contour de réponse	47
3.2.3 Détermination des paramètres optimaux	50
3.3 Adsorption du Rouge Azucryle par les oxydes métalliques	50
3.4 Etude de l'adsorption du RA par le ZnO-Sg2 et CuO-V	52
3.4.1 Influence de la concentration initiale	52
3.4.2 Effet du rapport solide/ liquide sur la capacité d'adsorption	54
3.4.3 Effet du pH sur la cinétique d'adsorption du RA	55
3.4.4 Etude de la cinétique d'adsorption	56
3.4.4 Etude de l'isotherme d'adsorption	59
3.5 Photo-dégradation du Rouge Azucryle	62
3.5.1 Photolyse directe du Rouge Azucryle	62
3.5.2 Effet de pH sur la dégradation du Rouge Azucryle par ZnO commercial	62
3.5.3 Photo-dégradation du RA par les oxydes métalliques chimiquement synthétisés	63
3.5.4 Photo-dégradation du RA par les bio-semi-conducteurs	69
Conclusion Générale	77

Résumé

La purification des effluents pour éliminer les colorants est un défi majeur dans le traitement des eaux usées. Pour atteindre cet objectif, la photocatalyse et l'adsorption ont été testées dans cette étude expérimentale. L'objectif était d'étudier l'influence de différents paramètres comme le temps de contact, le pH de la solution et la concentration initiale du colorant sur la capacité d'adsorption et le taux de dégradation photocatalytique du rouge azucryl. Les expériences d'adsorption ont montré que la capacité d'adsorption maximale était atteinte à un pH de 8. L'analyse des données cinétiques a montré que le modèle de pseudo-second ordre offre une meilleure représentation de l'évolution de la quantité adsorbée du Rouge azucryl au fil du temps. De plus, le modèle de Freundlich s'est avéré être le plus adapté pour reproduire les données expérimentales de l'équilibre d'adsorption. L'élimination du colorant par photocatalyse hétérogène est plus rapide avec des catalyseurs chimiques tels que le ZnO-Cp, tandis que pour les bio-catalyseurs, le taux de décoloration maximal du Rouge azucryl est obtenu avec l'oxyde d'argent. En conclusion, le déploiement de ces matériaux à grande échelle dans les stations de traitement des effluents industriels serait intéressant à tester.

Abstract

The purification of effluents to eliminate dyes is a major challenge in wastewater treatment. To achieve this goal, photocatalysis and adsorption were tested in this experimental study. The objective was to study the influence of various parameters such as contact time, solution pH, and initial dye concentration on adsorption capacity and photocatalytic degradation rate of azucryl red. Adsorption experiments showed that the maximum adsorption capacity was reached at a pH of 8. Kinetic analysis revealed that the pseudo-second-order model provides a better representation of the evolution of adsorbed azucryl red over time. Additionally, the Freundlich model was found to be the most suitable for reproducing experimental data on adsorption equilibrium. Heterogeneous photocatalysis eliminates dyes more rapidly with chemical catalysts such as ZnO-Cp, whereas for bio-catalysts, the maximum decoloration rate of azucryl red is achieved with silver oxide. In conclusion, deploying these materials on a large scale in industrial wastewater treatment plants would be interesting to test.

ملخص

تنقية المخلفات لإزالة الصبغات هي تحد رئيسي في معالجة مياه الصرف الصحي. لتحقيق هذا الهدف، تم اختبار التحفيز الضوئي والامتزاز في هذه الدراسة التجريبية. كان الهدف هو دراسة تأثير عوامل مختلفة مثل زمن التالمس وقيمة الرقم الهيدروجيني للمحلول والتركيز الأولي للصبغة على قدرة الامتزاز ومعدل التحلل الضوئي الحفازي لألحمر السكري. أظهرت تجارب الامتزاز أن الحد الأقصى لقدرة الامتزاز تم الوصول إليه عند قيمة رقم هيدروجيني 8. أظهر تحليل البيانات الحركية أن نموذج الرتبة شبه الثانية يوفر تمثيلًا أفضل لتطور الكمية الممتزة من ألحمر السكري مع الوقت. عالوة على ذلك، ثبت أن نموذج فرنديش هو الأكثر ملاءمة لتمثيل البيانات التجريبية لتوازن الامتزاز. إزالة الصبغة عن طريق التحفيز الضوئي غير المتجانس أسرع باستخدام محفزات كيميائية مثل ZnO-Cp، بينما بالنسبة للمحفزات الحيوية، تم الحصول على أقصى معدل لإزالة لون ألحمر السكري باستخدام أكسيد الفضة. في الختام، من المثير للاهتمام اختبار نشر هذه المواد على نطاق واسع في محطات معالجة المخلفات الصناعية