

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE CONSTANTINE 3



FACULTE DE GENIE DES PROCEDES

DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE

N° d'ordre :

Série :

Mémoire de Master

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie chimique

**MISE EN OEUVRE DES SYSTEMES D'OXYDATION
AVANCES DANS UN MICROREACTEUR TUBULAIRE**

Dirige par :

MEROUANI Slimane

Grade : Professeur

Co-Encadrant :

Dr. NEMDILI Leïla

Grade : MCA

Présenté par :

DERBAL Marwa

DJIDJEKH Aya Errahmane

BENKARA MOSTEFA Larbi Charaf

Année universitaire : 2023/2024

Session : juin

Sommaire

Liste d'abréviation.....	I
Liste des annotations	II
LISTE DES FIGURES.....	III
LISTE DES TABLEAUX.....	VI
Introduction Générale.....	1

CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Généralités sur l'eau	5
I.2. Pollution de l'eau.....	6
I.3. Différents types de pollution de l'eau.....	6
I.3.1. La pollution physique.....	6
I.3.2. La pollution biologique	6
I.3.3. Pollution chimique	6
I.3.3.a. Pollution de l'eau par les colorants.....	7
I.4. Généralités sur les colorants	7
I.4.1. Définition et composition des colorants.....	7
I.4.2. Nature des colorants	8
a) Les colorants naturels	8
b) Les colorants synthétiques.....	8
I.5. Classification des colorants.....	9
I.5.1. Classification chimique	9
I.5.2. Classification tinctoriale.....	11
I.6. Toxicité des colorants	13
I.7. Traitement des effluents colorés dans l'industrie textiles.....	14
I.7.1. Procédés de traitement conventionnel.....	14
a) Les Méthodes physiques.....	14

b) Les Méthodes biologiques	14
c) Les méthodes chimiques.....	15
I.8. Procédés d'oxydation avancée (POA)	15
I.8.1. Définition	15
I.8.2. Classification des POA.....	16
I.9. Les radicaux hydroxyles	17
I.9.1. Définition et caractéristique des radicaux hydroxyles	17
I.9.2. Caractéristiques des radicaux hydroxyles	17
I.9.3. Mécanisme réactionnel des radicaux hydroxyles	18
I.9.4. Les procédés oxydations avancée conventionnels	19
a) La photolyse de l'ozone O_3/UV	19
b) Photolyse du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) /UV).....	20
c) Peroxonation (O_3/H_2O_2)	20
d) Procédé Fenton (Fe^{2+}/H_2O_2)	21
e) Photocatalyse	21
f) Procédés électrochimiques	22
I.10. Notions sur les microréacteurs et la microfluidique	22
I.10.1. Les microréacteurs	22
a) Définition.....	22
I.10.2. La Microfluidique	23
I.10.3. Avantages et limitations des microréacteurs	25
Références bibliographique.....	27

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODE

II.1. Introduction	33
II.2. Présentation du colorant étudié.....	33
II.2.1. Propriétés physicochimiques de la fuchsine basique	34
II.2.2. Utilisations de la fuchsine basique.....	34

II.2.3. Toxicités et dangers de la fuchsine basique	34
II.3. Produits chimique utilisés.....	35
II.4. Matériels	35
II.4.1. Instruments de mesure	35
II.4.2. Montage expérimental	37
II.5. Préparation des solutions	39
1) Solution aqueuse du colorant	39
2) Solution de catalyseur (Fer(II))	39
3) Solution des oxydants.....	39
4) Mesure de pH	40
II.6. Mode opératoire.....	40
II.7. Méthodes d'analyse	40
II.7.1. Méthodes de spectroscopie	40
II.7.1.a Analyse spectrophotométrique UV-visible	41
II.7.1.b Spectre d'absorption.....	43
II.7.1.c Etablissement de la Courbe d'étalonnage.....	43
II.7.2. Mesure du Carbone Organique Total (COT).....	44
II.8. Étalonnage des pompes	45
II.9. Le profil de température	47
References bibliographies	49

CHAPITRE III : Résultats et discussion

III.1. Introduction	50
III.2. Partie I: Elimination de la fuchsine basique en solution aqueuse par activation thermique du persulfate de potassium.....	50
III.2.1. Spectre d'absorption de la FB	50
III.2.2. Effet du débit d'oxydant	51
III.2.3. L'effet de la concentration initiale de FB.....	53

III.2.4. Effet du pH	54
III.2.5. Effet des matrices naturelles	55
III.3. Partie II : Dégradation de la fuchsine basique en solution aqueuse par activation thermique du persulfate de potassium en présence de fer(II).....	58
III.3.1. Spectre d'absorption de la FB	58
III.3.2. Effet de la concentration initiale de Fer (II)	59
III.3.3. Effet de la concentration initiale de FB en présence de 0.1 mM de Fer (II)	61
III.3.4. L'effet du pH	62
III.3.5. Effet des matrices naturelles	64
III.4. Partie III : Dégradation du colorant FB en solution aqueuse par le procédé activation thermique du percarbonate de sodium (SP) en présence de Fer(II).	66
III.4.1. Spectre d'absorption de la FB	66
III.4.2. Effet de la concentration initiale de Fer (II)	66
III.4.3. Effet de la concentration initiale de FB en présence de 0.1 mM de Fer (II)	69
III.4.4. L'effet de pH	70
III.4.5. Effet des matrices naturelles	71
III.5. Effet de la longueur de microréacteur tubulaire dans les trois systèmes.....	73
III.6. Minéralisation.....	75
References bibliographiques	77
Conclusion Générale	78

Résumé

Les colorants industriels, tels que la fuchsine basique, posent des défis environnementaux significatifs en raison de leur persistance et de leur toxicité. Cette étude se focalise sur la comparaison de trois procédés d'oxydation avancée (POA) : l'activation thermique du persulfate de potassium (KPS), le système Fe(II)/KPS et le système Fe(II)/percarbonate de sodium (SP), pour la dégradation de la fuchsine basique. En utilisant un microréacteur tubulaire immergé dans un bain thermostat, nous avons pu contrôler précisément la température et optimiser l'efficacité des processus de dégradation. Ces systèmes génèrent des radicaux libres, notamment $SO_4^{\bullet-}$ et $\bullet OH$, essentiels pour la décomposition des molécules organiques réfractaires. L'évaluation des performances des trois systèmes a révélé que le système Fe(II)/KPS est particulièrement efficace pour la dégradation de la fuchsine basique, suivi par le système Fe(II)/SP et l'activation thermique de KPS. Les différents systèmes ont été testés sous diverses conditions opératoires pour identifier les paramètres optimaux de dégradation, en tenant compte des effets de la température, du pH et des concentrations des réactifs.

Mots clés : Procédés d'oxydation avancés (POA), Microréacteur tubulaire, Fuchsine basique, KPS, Fe(II) et SP.

Abstract

Industrial dyes, such as basic fuchsin, pose significant environmental challenges due to their persistence and toxicity. This study focuses on comparing three advanced oxidation processes (AOPs): thermal activation of potassium persulfate (KPS), the Fe(II)/KPS system, and the Fe(II)/sodium percarbonate (SP) system, for the degradation of basic fuchsin. By utilizing a tubular microreactor immersed in bath thermostat, we were able to precisely control the temperature and optimize the degradation efficiency. These systems generate free radicals, notably $SO_4^{\bullet-}$ and $\bullet OH$, which are essential for breaking down refractory organic molecules. The performance evaluation of the three systems revealed that the Fe(II)/KPS system is particularly effective for degrading basic fuchsin, followed by the Fe(II)/SP system and thermal activation of KPS. The different systems were tested under various operational conditions to determine the optimal degradation parameters, taking into account the effects of temperature, pH, and reactant concentrations.

Keywords: Advanced oxidation processes (AOPs), Tubular microreactor, Basic fuchsin, KPS, Fe(II) and SP.

ملخص

الملونات الصناعية مثل الفوشين القاعدي تُشير تحديات ببنية كبيرة بسبب استمراريتها وسميتها. تركز هذه الدراسة على مقارنة ثلاثة عمليات أكسدة متقدمة: تفعيل البيرسلفات البوتاسيوم (KPS) حرارياً، ونظام Fe(II)/KPS، ونظام Fe(II)/(SP)، لتحلل الفوشين القاعدي. باستخدام ما يُسمى بالميكرومفاعل الأنبوبي المغمور في حمام مع محدد الحرارة، تمكنا من التحكم بدقة في درجة الحرارة وتحسين كفاءة عمليات التحلل. هذه الأنظمة تولّد الجذور الحرة، بما في ذلك $SO_4^{\cdot-}$ و OH^{\cdot} ، الأمر الضروري لتحلل الجزيئات العضوية المقاومة. كشف تقييم أداء الأنظمة الثلاثة أن نظام Fe(II)/KPS فعّال بشكل خاص في تحلل الفوشين القاعدي، يليه نظام Fe(II)/SP ويليه تفعيل البيرسلفات البوتاسيوم حرارياً. تم اختبار الأنظمة المختلفة تحت ظروف تشغيل متنوعة لتحديد الشروط الأمثل للتحلل، مع مراعاة تأثير درجة الحرارة وال pH وتراكيز المواد المتفاعلة.

كلمات مفتاحية: عمليات أكسدة متقدمة (POA)، مايكرومفاعل أنبوبي، فوشين قاعدي، KPS، Fe(II) و SP.