

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTER DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE CONSTANTINE 3

SALAH BOUBNIDER



FACULTE DE GENIE DES PROCEDES

DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE

N° d'ordre : .....

Série : .....

**MEMOIRE DE FIN DE CYCLE**

Réalisé en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie Chimique

**Expérimentation de procédés innovants à base  
de persulfate pour l'élimination des colorants  
textiles**

*Dirigé par :*

***Dr. NEMDILI Leila***

***Grade : MCA***

*Réalisé par :*

***ABDELHAKK Merwa***

***BELHANNACHI Aymen***

***BENDJABALLAH Kaouther***

*Année universitaire*

***2023 -2024***

## SOMMAIRE

Liste d'abréviations.....	I
Liste des figures.....	III
Liste des tableaux.....	VII
INTRODUCTION GENERALE.....	1
<b>Chapitre I</b>	
<b>Revue Bibliographique</b>	
I.1 Introduction .....	5
I.2 Pollution .....	5
I.2.1 Définition de la pollution .....	5
I.2.2 Pollution d'eau .....	5
I.2.3 Les sources des eaux usées .....	5
I.3 Les colorants.....	6
I.3.1 Introduction.....	6
I.3.2 Définition .....	7
I.3.3 Classification chimique des colorants.....	8
I.3.4 Impacts des colorants .....	9
I.4 Procédés d'oxydation avancée POA .....	10
I.4.1 Introduction.....	10
I.4.2 Définition .....	10
I.4.3 Espèces radicalaires et Peroxyde d'hydrogène .....	11
I.5 Les différents procédés d'oxydation avancée.....	13
I.5.1 Procédés chimiques.....	13
I.5.2 Procédés sono-chimiques (irradiation par les ultrasons).....	14
I.5.3 Procédés électrochimiques .....	15
I.5.4 Procédés photochimiques.....	15
I.5.5 Les Avantages et les inconvénients de POAs : .....	16
I.6 Le persulfate de potassium .....	18
I.6.1 Oxydation par le persulfate .....	19
I.6.2 Réactivité de persulfate .....	20
I.6.3 Activation par catalyseur métallique.....	21
Références .....	23

## Chapitre II

### Méthodes et matériel

II	Introduction.....	26
II.1	Produits utilisés .....	26
II.1.1	Jaune bezacryl (JB) .....	26
II.2	Autres réactifs.....	27
II.3	Matériels .....	28
II.3.1	Instruments de mesure.....	28
II.4	Préparation des solutions .....	29
II.5	Mode opératoire.....	30
II.6	Montage expérimental .....	30
II.6.1	Système Fe <sup>0</sup> /KPS.....	30
II.6.2	Système Fe <sup>0</sup> /UV/KPS.....	30
II.7	Méthodes d'analyse .....	32
II.7.1	Analyse spectrophotométrique UV-visible .....	32
II.7.1.1	La spectométrie .....	32
II.7.1.2	Principe.....	32
II.7.1.3	Loi de Beer-Lambert .....	33
II.7.1.4	Spectre d'absorption.....	33
II.7.1.5	courbe d'étalonnage .....	34
II.8	Mesure de carbone organique totale (COT).....	34
	Références .....	36

## Chapitre III

### Résultats Et Discussions

III	Introduction.....	37
III.2	Les procédés de dégradation de jaune bezacryl.....	37
III.2.1	Première système Fe <sup>0</sup> /KPS.....	37
III.2.1.1	Spectre d'adsorption de le JB .....	37
III.2.1.2	Etude préliminaire .....	38
III.2.1.3	Effet de pH.....	39
III.2.1.4	Effet de la concentration initiale de JB.....	41
III.2.1.5	Effet de la concentration initiale de KPS.....	41
III.2.1.6	Effet de la concentration initiale de Fe <sup>0</sup> .....	43
III.2.1.7	Effet d'hydroxylamine sur l'efficacité du procédé Fe <sup>0</sup> /KPS .....	43

III.2.1.8	Effet des sels sur l'efficacité du procédé Fe <sup>0</sup> /KPS .....	45
III.2.1.9	Effet des piègeurs des radicaux libres .....	47
III.2.1.10	Effet de l'addition des tensioactifs .....	49
III.2.1.11	Effet de la réutilisation du fer zéro .....	51
III.2.1.12	Effet des matrices réelles .....	52
III.2.2	Deuxième système Fe <sup>0</sup> /UV/KPS .....	53
III.2.2.1	Etude préliminaire .....	54
III.2.2.2	Effet de pH.....	56
III.2.2.3	Effet de la concentration initiale de JB.....	57
III.2.2.4	Effet de la concentration initiale de KPS.....	58
III.2.2.5	Effet de la concentration initiale de Fe <sup>0</sup> .....	59
III.2.2.6	Effet d'hydroxylamine sur l'efficacité du procédé Fe <sup>0</sup> /UV/KPS .....	60
III.2.2.7	Effet des sels sur l'efficacité du procédé Fe <sup>0</sup> /UV/KPS .....	61
III.2.2.8	Effet des piègeurs des radicaux libres .....	62
III.2.2.9	Effet des tensioactifs.....	64
III.2.2.10	Effet de la réutilisation du fer zéro .....	65
III.2.2.11	Effet des matrices réelles .....	66
III.2.2.12	Effet de la hauteur d'immersion de la lampe UV .....	68
III.2.2.12.1	Réacteur découvert (présence d'oxygène) .....	68
III.2.2.12.2	Réacteur couvert (absence d'oxygène) .....	69
III.2.2.12.3	Analyse comparative entre les réacteurs .....	70
III.2.3	Etude de la minéralisation .....	71
Références	.....	73
CONCLUSION GENERALE	.....	77

## Résumé

Les colorants sont largement utilisés dans divers secteurs, notamment dans l'impression, l'industrie alimentaire, les cosmétiques, les soins de santé, et en particulier dans le textile en raison de leur stabilité chimique, de leur processus de fabrication relativement simple et de leur large palette de couleurs. Cependant, leur libération dans l'environnement constitue une source majeure de pollution. L'objectif est donc de développer des procédés permettant de réduire la charge en colorants des effluents rejetés dans l'environnement. Dans cette étude, deux procédés d'oxydation avancée (POA),  $\text{Fe}^0/\text{KPS}$  et  $\text{Fe}^0/\text{UV}/\text{KPS}$ , ont été testés pour l'élimination d'un colorant textile, le Jaune Bezacryl (JB). Une comparaison entre ces deux systèmes a été réalisée, en mettant l'accent sur l'impact de différentes conditions expérimentales, telles que le pH, les concentrations initiales du colorant, de l'oxydant et du catalyseur. De plus, l'influence de divers additifs, tels que les sels et les tensioactifs, sur la dégradation du colorant a été étudiée, ainsi que l'effet des pièges à radicaux pour identifier les espèces réactives dominantes, notamment  $\text{SO}_4^-$  et  $\cdot\text{OH}$ . L'effet des matrices et la réutilisation du fer sur l'efficacité des procédés basés sur le persulfate de potassium ont également été examinés. Il a été observé que la profondeur d'immersion de la lampe UV joue un rôle essentiel dans l'efficacité du système  $\text{Fe}^0/\text{UV}/\text{KPS}$ , où une plus grande quantité d'ozone générée dans ce système conduit à une dégradation plus efficace. Les conditions optimales pour la dégradation du JB ont été déterminées, atteignant des taux d'élimination de 96,7 % et de 88,23 % pour les systèmes  $\text{Fe}^0/\text{KPS}$  et  $\text{Fe}^0/\text{UV}/\text{KPS}$ , respectivement. En ce qui concerne la minéralisation, le système  $\text{Fe}^0/\text{UV}/\text{KPS}$  s'est montré plus efficace que le système  $\text{Fe}^0/\text{KPS}$  pour la dégradation complète des composés organiques. Ainsi, bien que les deux systèmes se soient avérés efficaces, l'ajout de la lampe UV dans le système  $\text{Fe}^0/\text{UV}/\text{KPS}$  a conduit à une dégradation accrue du JB. Compte tenu de ces résultats prometteurs, il est pertinent d'envisager ces deux systèmes d'oxydation avancée à base de KPS, car ils sont simples à mettre en œuvre et utilisent des réactifs peu coûteux, comme le fer en poudre et le persulfate de potassium.

**Mot clés :** POA, Jaune Bezacryl, élimination,  $\text{Fe}^0$ , KPS et UV.

## Abstract

Dyes are extensively used across various industries, including printing, food, cosmetics, healthcare, and especially textiles, due to their chemical stability, relatively straightforward manufacturing process, and a broad spectrum of colors. However, their discharge into the environment is a significant source of pollution, creating a need for processes that can reduce the dye load in effluents. In this study, two advanced oxidation processes (AOPs),  $Fe^0/KPS$  and  $Fe^0/UV/KPS$ , were evaluated for the removal of a textile dye, Basic Yellow 13. We compared the performance of these two systems, focusing on the impact of various experimental conditions, such as pH, initial concentrations of dye, oxidant, and catalyst. Additionally, we investigated the influence of different additives, such as salts and surfactants, on dye degradation, along with the role of radical scavengers in determining the dominant reactive species, such as  $SO_4^{\cdot-}$  and  $\cdot OH$ . The effect of different matrices and the reusability of iron on the efficiency of potassium persulfate-based processes were also assessed. The results showed that the immersion depth of the UV lamp significantly affects the efficiency of the  $Fe^0/UV/KPS$  system. A greater ozone generation in this system correlates with more effective dye degradation. Optimal conditions for Basic Yellow 13 removal were identified, yielding removal rates of 96,7% and 88,23% for the  $Fe^0/KPS$  and  $Fe^0/UV/KPS$  systems, respectively. Regarding mineralization, the  $Fe^0/UV/KPS$  system was more effective than  $Fe^0/KPS$  in completely degrading organic compounds. Although both systems were found to be effective, the addition of the UV lamp in the  $Fe^0/UV/KPS$  system enhanced the degradation of Basic Yellow 13. Given these promising outcomes, these two-potassium persulfate based AOP systems warrant further consideration, as they are relatively simple to implement and use low-cost reagents, like iron powder and potassium persulfate.

**Keyword :** AOP, Basic Yellow 13, removal,  $Fe^0$ , KPS and UV

## المخلص

تُستخدم الأصباغ على نطاق واسع في مختلف الصناعات، بما في ذلك الطباعة، وصناعة المواد الغذائية، ومستحضرات التجميل، والرعاية الصحية، وخاصة في المنسوجات نظرًا لثباتها الكيميائي، وعملية التصنيع البسيطة نسبيًا، وهذا راجع لتوفر مجموعة واسعة من الألوان. ومع ذلك، فإن إطلاقها في البيئة يشكل مصدرًا رئيسيًا للتلوث. وبالتالي، فإن الهدف من هذه الدراسة هو تطوير طرق لتقليل حمولة الصبغة في المخلفات السائلة التي يتم تصريفها في البيئة. في هذه الدراسة، تم اختبار طريقتين للأكسدة المتقدمة (POA)،  $Fe^0/KPS$  و  $Fe^0/UV/KPS$ ، لإزالة صبغة النسيج الأصفر البيزكريلي. تم إجراء مقارنة بين هذين النظامين، مع التركيز على تأثير الظروف التجريبية المختلفة، مثل الرقم الهيدروجيني، والتركيزات الأولية للصبغة، والمؤكسد، والمحفز. بالإضافة إلى ذلك، تم دراسة تأثير المضافات المختلفة، مثل الأملاح والمواد الفعالة السطحية، على تحلل الصبغة، وكذلك تأثير مصائد الجذور لتحديد الأنواع التفاعلية المهيمنة، بما في ذلك  $SO_4^{\cdot-}$  و  $\cdot OH$ ، كما تم فحص تأثير طبيعة المياه وإعادة استخدام الحديد على فعالية العمليات القائمة على كبريتات البوتاسيوم. لوحظ أن عمق غمر مصباح UV يلعب دورًا أساسيًا في فعالية نظام  $Fe^0/UV/KPS$ ، حيث تؤدي كمية أكبر من الأوزون المتولدة في هذا النظام إلى تحلل أكثر فعالية. تم تحديد الظروف المثلى لتحلل الأصفر البيزكريلي، حيث وصلت معدلات الإزالة إلى 96,7% و 88,23% لأنظمة  $Fe^0/KPS$  و  $Fe^0/UV/KPS$ ، على التوالي. فيما يتعلق بالمعادن، فقد ثبت أن نظام  $Fe^0/UV/KPS$  أكثر فعالية من نظام  $Fe^0/KPS$  للتحلل الكامل للمركبات العضوية. أظهرت الدراسة أن كلا النظامين فعالان في إزالة صبغة الأصفر البيزكريلي من المحاليل المائية. ومع ذلك، أدى إضافة مصباح UV في نظام  $Fe^0/UV/KPS$  إلى زيادة فعالية التحلل. نظرًا لهذه النتائج الواعدة، من المهم النظر في هذين النظامين للأكسدة المتقدمة القائمة على كبريتات البوتاسيوم، لأنها بسيطة التنفيذ وتستخدم مواد كيميائية غير مكلفة، مثل مسحوق الحديد وكبريتات البوتاسيوم.

**الكلمات المفتاحية:** الأصفر البيزكريلي، الإزالة،  $Fe^0$ ، كبريتات البوتاسيوم، UV