

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE CONSTANTINE 3



**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**

Évaluation de l'efficacité du système Fe^0 /Chlore pour la dégradation avancée du colorant organique Basique Jaune 28 : influence des paramètres opératoires et de la matrice aqueuse.

Dirigé par :

Dr. AISSA DEHANE

Présenté par :

SELMA DAOUDI

SAFA DRAA

MALEK LATOUI

Année Universitaire 2024/2025.

Session : juin

Table de matière

Introduction générale.....	2
1.1. Introduction	5
1.2. Définition des eaux usées	5
1.3. Pollution des eaux usées	5
1.3.1. Définition de la pollution d'une eau	5
1.3.2. Types de pollutions	6
1.3.3. Les paramètres indicatifs de la qualité de l'eau	6
1.3.3.1. Paramètres organoleptiques	7
1.3.3.2. Paramètres physiques.....	7
1.3.3.3. Paramètres chimiques	8
1.3.3.4. Paramètres biologiques	9
1.3.3.5. Paramètres microbiologiques	10
1.4. Traitement des eaux usées	10
1.4.1. Prétraitement.....	10
1.4.1.1. Le dégrillage	10
1.4.1.2. Dessablage :	11
1.4.1.3. Déshuilage-Dégraissage :	12
1.4.2. Traitements primaires	13
1.4.2.1. Décantation (processus physique)	13
1.4.2.2. Filtration (processus physique)	13
1.4.2.3. La coagulation- floculation (voie physico-chimique).....	13
1.4.3. Traitements secondaires (ou biologique)	14
1.4.3.1. Procédés biologiques intensifs	14
1.4.3.2. Procédés biologiques extensifs	16
1.4.4. Traitements tertiaires (ou complémentaires)	17
2.1. Introduction	22
2.2. Définition des colorants	22
2.3. Composition des colorants.....	22
2.4. Classification des colorants	23
2.4.1. Classes de colorants selon leur <i>structure chimique</i>	24
2.4.1.1. Colorants azoïques.....	24
2.4.1.2. Colorants anthraquinoniques.....	24
2.4.1.3. Colorants indigoïdes	24
2.4.1.4. Dérivés du phénylméthane.....	24

2.4.1.5.	Colorants phtalocyanines	25
2.4.1.6.	Colorants nitro et nitroso	25
2.4.2.	Classification selon leur <i>application industrielle</i> (classification tinctoriale)....	27
2.4.2.1.	Colorants dispersés	28
2.4.2.2.	Colorants anioniques (ou acides).....	28
2.4.2.3.	Colorant cationiques (ou basiques)	28
2.4.2.4.	Colorants réactifs.....	29
2.4.2.5.	Colorants directs	29
2.4.2.6.	Les colorants à mordants	29
2.4.2.7.	Les colorants de cuve.....	29
2.5.	Toxicité des rejets colorés	29
2.5.1.	Effets sur l'environnement.....	29
2.5.2.	Aspect toxique sur la santé humaine	30
2.6.	Définition des procédés d'oxydation avancée	31
2.7.	Familles et classifications des POA	32
2.7.1.	Procédés homogènes	33
2.7.2.	Procédés hétérogènes	33
2.8.	Procédés hétérogènes vs procédés homogènes	33
2.9.	Radicaux hydroxyles (description et caractéristiques)	35
2.10.	Mécanismes réactionnels et mode d'action des radicaux hydroxyles	37
2.10.1.	Arrachement d'atomes d'hydrogène (déshydrogénation)	37
2.10.2.	Addition électrophile sur des liaisons non saturées (hydroxylation).....	37
2.10.3.	Transfert d'électrons (oxydo-réduction).....	37
2.11.	Utilisation des POA à grande échelle industrie.....	38
2.12.	Définition du procédé de chloration.....	38
2.12.1.	Principe de fonctionnement de chloration	38
2.12.2.	Paramètres affectant du procédé chloration	39
2.13.	Le procédé Fe/Chlore	40
3.1.	Introduction	47
3.2.	Les réactifs	47
3.2.1.	Les colorant jaune basique 28.....	47
3.2.2.	Les oxydants	48
3.2.3.	Catalyseur (les pièces de fer).....	49
3.2.4.	Autres réactifs	49
3.2.5.	Les matrices :.....	50

3.3. Appareillages et méthodologie de travail	51
3.3.1. Montage expérimental	51
3.3.2. Méthodologie de travail	52
3.4. Analyse	54
3.4.1. La spectrophotométrie.....	54
3.4.2. Carbone Organique Total (COT).....	56
4.1. Introduction	60
4.2. Résultats et discussions	62
4.2.1. Efficacité du système Fe ⁰ /Chlore	62
4.2.2. Effets du pH du milieu sur la dégradation du JB	65
4.2.3. Effet de la dose du chlore	66
4.2.4. Effet de la concentration initiale du colorant	69
4.2.5. Effet de la longueur de la tige de fer.....	70
4.2.6. Impacts de la température du liquide	71
4.2.7. Effet de l'agitation.....	72
4.2.8. Effets des surfactants et sels.....	74
4.2.9. Mécanisme de dégradation du Jaune Basique (JB)	76
4.2.10. Analyse du Carbon Organique Total (COT).....	77
4.2.11. Effet des matrices des eaux	78
4.3. Conclusion.....	80
Conclusion générale	85

Abstract

This work focuses on the study of the degradation of an organic basic dye, Basic Yellow 28 (BY28), in aqueous phase using Fe^0 /Chlorine as an AOP process. The main objective is to investigate the influence of operational parameters in order to achieve optimal degradation efficiency.

Experiments were carried out in a batch reactor ($V=250$ ml) under various conditions. The efficiency of the process was first evaluated by assessing the degradation of BY28 when using either iron or chlorine alone, then the obtained results were confronted to those obtained using Fe^0 /chlorine. The optimized parameters include temperature ($25\text{-}55$ °C), solution pH ($3\text{-}9$), initial dye concentration ($10\text{-}50$ ppm), and length of zero-valent iron ($4.51\text{-}21$ mm) and chlorine ($50\text{-}500\mu\text{M}$). The degradation kinetics were monitored using UV-Visible spectrophotometry.

The obtained results showed that approximately 80% of JB28 was removed after 15 minutes of treatment in the presence of $150\mu\text{M}$ chlorine. The degradation efficiency increased with increasing concentrations of chlorine and iron, although overdosing did not further improve the process. The fastest degradation occurred under acidic conditions ($\text{pH} = 3$). Alkalinization of the reaction medium significantly slowed down the degradation. The process was more effective at room temperature, as higher temperatures may interfere with the generation of reactive species. The degradation rate decreased with increasing initial dye concentration.

Experiments conducted under nitrogen atmosphere confirmed the role of Fe^{2+} generated by corrosion in acidic medium, and the formation of strong oxidizing species responsible for BY28 degradation, mainly hydroxyl radicals ($\bullet\text{OH}$) and reactive chlorine species.

Keywords: Basic Yellow 28 (BY28), advanced oxidation processes (AOPs), Fe^0 /Chlorine, Free radicals, Degradation.

Résumé

Ce travail porte sur l'étude de la dégradation d'un colorant organique basique, le Jaune Basique 28 (JB28), en phase aqueuse, en utilisant le couple Fe^0 /Chlore comme procédé d'oxydation avancée (AOP). L'objectif principal est d'examiner l'influence des paramètres opératoires afin d'atteindre une efficacité de dégradation optimale.

Les expériences ont été réalisées dans un réacteur discontinu ($V = 250$ ml) sous différentes conditions. L'efficacité du procédé a d'abord été évaluée en analysant la dégradation du BY28 en présence de fer ou de chlore seuls, puis les résultats obtenus ont été comparés à ceux du système couplé Fe^0 /Chlore. Les paramètres optimisés comprennent la température (25–55 °C), le pH de la solution (3–9), la concentration initiale en colorant (10–50 ppm), la longueur du fer zéro-valent (4,51–21 mm) et la concentration de chlore (50–500 μM). La cinétique de dégradation a été suivie par spectrophotométrie UV-Visible.

Les résultats obtenus ont montré qu'environ 80 % du BY28 étaient éliminés après 15 minutes de traitement en présence de 150 μM chlore. L'efficacité de la dégradation augmentait avec l'augmentation des concentrations de chlore et de fer, bien qu'un surdosage n'améliore pas davantage le procédé. La dégradation la plus rapide a été observée en milieu acide ($\text{pH} = 3$). L'alcalinisation du milieu réactionnel ralentissait considérablement la dégradation. Le procédé s'est révélé plus efficace à température ambiante, car des températures plus élevées peuvent interférer avec la génération des espèces réactives. Le taux de dégradation diminuait avec l'augmentation de la concentration initiale en colorant.

Des expériences réalisées sous atmosphère d'azote ont confirmé le rôle du Fe^{2+} généré par corrosion en milieu acide, ainsi que la formation d'espèces oxydantes puissantes responsables de la dégradation du BY28, principalement les radicaux hydroxyles ($\bullet\text{OH}$) et les espèces chlorées réactives.

Mots-clés : Jaune Basique 28 (BY28), Procédés d'oxydation avancée (AOP), Fe^0 /Chlore, Radicaux libres, Dégradation.

ملخص

Basic Yellow 28 - "هذا العمل يركّز على دراسة تحليل صبغة عضوية قاعدية تُعرف باسم "الأصفر الأساسي 28 - BY28) الكلور. الهدف الرئيسي هو (Fe^0) في الطور المائي باستخدام عملية أكسدة متقدمة تعتمد على الحديد الصفري (BY28). تحليل تأثير المعلمات التشغيلية لتحقيق كفاءة تحليل مثلى.

تم إجراء التجارب في مفاعل دفعي بسعة 250 مل تحت ظروف تشغيل مختلفة. في البداية، تم تقييم كفاءة العملية من خلال استخدام الحديد أو الكلور بشكل منفصل، ثم مقارنة النتائج مع تلك التي تم الحصول عليها باستخدام BY28. دراسة تحليل (pH) الكلور. شملت المعلمات المُحسّنة درجة الحرارة (25-55 درجة مئوية)، ودرجة حموضة المحلول / Fe^0 مزيج ، وتركيز الصبغة الابتدائي (10-50 جزء في المليون)، وطول الحديد الصفري (4.51-21 ملم)، وتركيز الكلور (50-9)، و (500 ميكرومول).

تم مراقبة ديناميكيات التحلل باستخدام مطيافية الأشعة فوق البنفسجية والمرئية. أظهرت النتائج أن حوالي 80% من تم إزالته بعد 15 دقيقة من المعالجة بوجود 150 ميكرومول من الكلور. زادت كفاءة التحلل مع زيادة تركيزات BY28 الكلور والحديد، على الرغم من أن الجرعات الزائدة لم تحسن العملية بشكل إضافي. لوحظ أن التحلل كان أسرع في ، بينما أدى زيادة قلوية الوسط التفاعلي إلى تباطؤ كبير في التحلل. كانت العملية أكثر فعالية (pH = 3) الظروف الحمضية في درجة حرارة الغرفة، حيث أن درجات الحرارة الأعلى قد تتداخل مع توليد الأنواع التفاعلية. كما انخفض معدل التحلل مع زيادة تركيز الصبغة الابتدائي.

النتيجة عن التآكل في الوسط (Fe^{2+}) أكدت التجارب التي أُجريت في جو من النيتروجين دور أيونات الحديد الثنائي وأنواع الكلور (•OH) ، وخاصة الجذور الهيدروكسيلية BY28 الحمضي، وتكوين أنواع مؤكسدة قوية مسؤولة عن تحلل التفاعلية.

الكلور، الجذور الحرة، / Fe^0 ، (AOPs) ، عمليات الأكسدة المتقدمة (BY28) الكلمات المفتاحية: الأصفر الأساسي 28 التحلل.