

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR

ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE CONSTANTINE 3



UNIVERSITE DE CONSTANTINE 3
FACULTE DE GENIE DES PROCÉDES
DEPARTEMENT DE GENIE CHIMIQUE

N° d'ordre :... ..

Série :... ..

Mémoire de Master

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

**Implementation of Oxidation Processes for Water Treatment in a
Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR)**

Dirigé par :

MEROUANI Slimane
Professor

Présente par :

SIGHA Abdelkader
HASAN A. M. HUSSEIN
SADI M. Y. ALMAJDALAWI

Année Universitaire 2023/2024.

Session : juin

Table of Contents

GENERAL INTRODUCTION	I
----------------------------	---

CHAPTER 1

BIBLIOGRAPHIC REVIEW

1.1. INTRODUCTION	1
1.2. POLLUTION	1
1.2.1. Types of pollution.....	1
1.2.1.1. Air pollutant.....	1
1.2.1.2. Soil pollution	2
1.2.1.3. Water pollution	2
1.2.2. Water pollutants	3
1.2.2.1. Organic pollutants	4
1.2.2.2. Classification of the organic pollutants.....	4
1.3. WASTE WATER.....	5
1.3.1. Definition.....	5
1.4. DYES.....	5
1.4.1. Classifications of textiles dyes.....	6
1.4.1.1. Chemical Classification	7
1.4.1.2. Classification based on application	8
1.4.2. Dyes application fields	9
1.4.3. Impact on the environment	9
1.4.4. Impact on human health.....	10
1.5. TREATMENT STRATEGIES	10
1.5.1. Physical technologies.....	10
1.5.2. Biological treatment.....	11
1.5.3. Chemical treatment	11
1.5.3.1. Oxidation processes.....	11
1.6. ADVANCED OXIDATION PROCESSES	12
1.6.1. Definition of advanced oxidation processes	12
1.6.2. How advanced oxidation processes work	13

1.6.3. Advantages And Disadvantages	13
1.6.4. Classification of APOs	14
1.7. REACTIVE OXIDANTS	15
1.7.1. Radicals.....	15
1.7.1.1. Hydroxyl radical	15
1.7.1.2. Chlorine:.....	16
1.7.1.3. Periodate.....	17
1.8. HOMOGENEOUS PHASE OXIDATION PROCESSES	18
1.8.1. Fenton process (H_2O_2/Fe^{2+}).....	18
1.8.2. Chlorine/ Fe^{2+} Process	20
1.8.3. Periodate / Fe^{2+} process	21
1.8.4. Photochemical.....	21
1.8.4.1. Homogenous:.....	22
1.9. HETEROGENEOUS.....	24
1.9.1. Photo-Fenton (UV/ Fe^0/H_2O_2).....	24
1.9.2. Electrochemical	24
1.9.3. Sonochemical.....	24

CHAPTER 2

Material And Methods

MATERIAL AND METHODS	36
2.1. INTRODUCTION	36
2.2. CHEMICALS.....	36
2.3. PRESENTATION OF THE STUDIED DYE	37
2.3.1. Definition of specifically Cibacron Green H3G	37
2.3.2. Physicochemical properties of H3G	37
2.4. MATERIAL	38
2.4.1. The experimental setup	38
2.4.2. pH meter	39
2.4.3. The "KERN ALS220-4N" precision balance	40
2.4.4. Heated magnetic and stirrer	41
2.5. PREPARATION OF SOLUTIONS	41
2.6. MODE OF OPERATION	42
2.7. ANALYSIS METHOD	43

2.7.1. Spectrophotometry.....	43
2.7.1.1. Definition	43
2.7.1.2. Absorbance.....	44
2.7.1.3. Ber-Lambert's Law.....	44
2.7.1.4. Absorption Spectrum.....	44
2.7.1.5. calibration curve.....	45
2.7.2. Total Organic Carbon (TOC).....	46
2.7.2.1. Definition	46
2.7.2.2. Principle	47

CHAPTER 3

Dyes degradation in CSTR using a modified Iron/chlorine oxidative process

3.1. INTRODUCTION	50
3.2. RESULTS AND DISCUSSION.....	52
3.2.1. Pumps calibration	52
3.2.2. Absorption spectra of VC-H3G	54
3.2.3. Effect of rod submergence depth and chlorine flow.....	55
3.2.4. Effect of stirring speed.....	57
3.2.5. pH effect	58
3.2.6. Effect of initial concentration of VC-H3G	60
3.2.7. Natural matrices Effect	62
3.2.8. Effect of other dyes.....	64
3.2.9. Effect of scavenger	65
3.2.10. Effect of UV/Chlorine/Rod system in separate reactors.....	66
3.3. CONCLUSION.....	68

CHAPTER 4

Modified periodate/Iron system for dyes degradation in CSTR

4.1. INTRODUCTION	72
4.2. RESULTS AND DISCUSSION.....	73
4.2.1. Absorption spectra of VC-H3G	73
4.2.2. pH effect	74
4.2.3. Effect of initial concentration	76

.4.2.4 Natural matrices Effect	78
4.2.5. Effect of scavenger	80
4.2.6. Effect of dyes	81
4.2.7. Effect of UV/Periodate /Rod system in separate reactors	82
4.3. MINERALIZATION.....	84
4.4. CONCLUSION.....	85
GENERAL CONCLUSION	89

ABSTRACT

This study investigates the degradation of the synthetic azo dye Cibacron Green (VC-H3G) in a continuous stirred tank reactor (CSTR) by the Fe⁰/chlorine and Fe⁰/Periodate processes, which involve the generation of free radicals capable of removing organic matter. The results obtained showed the efficiency of the two processes studied in the removal of H3G and other dyes, as the [•]OH and Cl₂⁻ (in Fe⁰/chlorine process) and [•]OH and IO₃^{*} (in Fe⁰/Periodate processes), radicals attack and break the azo bonds of the dyes, leading to their almost complete degradation. The use of an iron rod as a stirrer and catalyst was very effective in both processes in increasing the removal efficiency by increasing the oxidant doses (chlorine and periodate) to optimum levels. The two processes offer promising prospects for the treatment of water contaminated with persistent dyes and are characterised by low operating costs due to the use of an iron rod and very small amounts of oxidant.

Keywords: Iron Zero Valent; Free Radicals; Organic Pollutant; AOPs; Fe⁰/Chlorine; Fe⁰/Periodate; Water treatment; dyes.

ملخص

تبحث هذه الدراسة في تحلل صبغة الأزو الاصطناعية Cibacron Green (VC-H3G) في مفاعل خزان مُحرك مستمر (CSTR) بواسطة عمليتي Fe⁰/Chlorine و Fe⁰/Periodate، والتي تنطوي على توليد جذور حرة قادرة على إزالة المواد العضوية. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها كفاءة العمليتين اللتين تمت دراستهما في إزالة Green Cibacron H3G والأصبغ الأخرى، حيث تهاجم الجذور [•]OH و Cl₂⁻ في عملية (Fe⁰/Chlorine) و [•]OH و IO₃^{*} في عملية (Fe⁰/Periodate) وتكسر روابط الأزو للأصبغ، مما يؤدي إلى تحللها بشكل كامل تقريباً. كان استخدام قضيب الحديد كعامل تقليب ومحفز فعالاً للغاية في كلتا العمليتين في زيادة كفاءة الإزالة عن طريق زيادة جرعات المؤكسد (الكور والدوريات) إلى المستويات المثلى. توفر العمليتان آفاقاً واعدة لمعالجة المياه الملوثة بالأصبغ الثابتة وتتميزان بانخفاض تكاليف التشغيل بسبب استخدام قضيب الحديد وكميات صغيرة جداً من المؤكسدات.

الكلمات المفتاحية: الحديد الصفر؛ الجذور الحرة؛ الملوثات العضوية؛ عمليات الأكسدة المتقدمة؛ الحديد(0)/الكور؛ الحديد(0)/البيودات؛ معالجة المياه؛ الأصبغ.

RÉSUMÉ

Cette étude porte sur la dégradation du colorant azoïque synthétique Cibacron Green (VC-H3G) dans un réacteur à agitation continue (CSTR) par les procédés Fe⁰/chlore et Fe⁰/Périodate, qui impliquent la génération de radicaux libres capables d'éliminer la matière organique. Les résultats obtenus ont montré l'efficacité des deux procédés étudiés dans l'élimination du H3G et d'autres colorants, car les radicaux [•]OH et Cl₂⁻ (dans le procédé Fe⁰/chlore) et [•]OH et IO₃^{*} (dans le procédé Fe⁰/Périodate) attaquent et rompent les liaisons azoïques des colorants, ce qui entraîne leur dégradation presque complète. L'utilisation d'une tige de fer comme agitateur et catalyseur s'est avérée très efficace dans les deux procédés pour augmenter l'efficacité d'élimination en augmentant les doses d'oxydant (chlore et periodate) à des niveaux optimaux. Les deux procédés offrent des perspectives prometteuses pour le traitement des eaux contaminées par des colorants persistants et se caractérisent par des coûts d'exploitation faibles en raison de l'utilisation d'une tige de fer et de très petites quantités d'oxydant.

Mots-clés : Fer Zero Valent ; Radicaux libres ; Polluant organique ; AOPs ; Fe⁰/Chlore ; Fe⁰/Périodat ; Traitement de l'eau ; colorants.