

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE CONSTANTINE 3**



**FACULTE DE GENIE DES PROCEDES**

**DEPARTEMENT GENIE CHIMIQUE**

N° d'ordre...

Série...

**Mémoire de Master**

**Filière : Génie des procédés**

**Spécialité : Génie chimique**

**Application des procédés d'oxydation avancée (POA) pour la  
dégradation du colorant Astrazon Red 6B dans un réacteur  
pilote à lumière artificielle**

Dirigé par :

**Dr. BOUCHARAB Mohammed Kheir-Eddine**

présente par :

**BENTAMENE Fadila**

**AIBECHÉ Wissam**

Année Universitaire 2021/2022.

Session : (juin)

# Table de Matière

Titre	Page
Liste d'abréviation .....	VII
Liste des figures .....	VIII
Liste des tableaux .....	X
Introduction Générale .....	1
Références bibliographique .....	3
<b>Chapitre I : recherche bibliographique</b>	
<b>Introduction</b> .....	4
<b>I.1. Les colorants</b> .....	4
<b>Introduction</b> .....	4
<b>I.1.1. Définition</b> .....	4
<b>I.1.2. Classification des colorants</b> .....	5
<b>A. Classification chimique</b> .....	5
<b>B. Classification tinctoriale</b> .....	6
<b>I.1.3. Utilisation et application des colorants</b> .....	8
<b>I.1.4. Toxicité et impacts environnementaux des colorants</b> .....	8
<b>A. Impacts environnementaux</b> .....	8
<b>B. Toxicité</b> .....	9
<b>I.2. Traitement des eaux usées</b> .....	9
<b>I.2.1. Définition</b> .....	9
<b>I.2.2. Origine des eaux usées</b> .....	9
<b>I.2.3. Les méthodes de traitement des eaux usées</b> .....	9
<b>A. Traitement physique</b> .....	9
<b>B. Traitement biologique</b> .....	10

## Table de Matière

C. Traitement chimique .....	10
I.3. Les procédés d'oxydation avancée (POA) .....	10
I.3.1. Définition .....	10
I.3.2. Description et caractéristiques des radicaux hydroxyles $\text{OH}^\bullet$ .....	11
I.3.3. Mécanisme relationnels et mode d'action des radicaux hydroxyles .....	12
I.3.4. Les Principes techniques d'oxydation avancée .....	13
I.4. La photolyse .....	14
I.4.1 Définition .....	14
I.4.2. Les types de la photolyse .....	14
A. La photolyse homogène UV .....	14
B. La photolyse hétérogène .....	14
C. La photolyse de l'eau .....	14
D. Photolyse d'Ozon .....	15
I.5. Photocatalyse .....	15
I.5.1. La photocatalyse hétérogène .....	15
I.5.2. Principe générale de la photocatalyse hétérogène .....	15
I.5.3. Les étapes de la photocatalyse hétérogène .....	16
I.5.4. Les applications .....	16
I.6. Choix du photocatalyseur .....	17
I.6.1. Catalyse .....	17
I.6.2. Catalyseur .....	17
I.6.3. Les semi-conducteurs .....	17
A. Le dioxyde de Titane ( $\text{TiO}_2$ ) .....	18
B. L'oxyde de zinc ( $\text{ZnO}$ ) .....	19

## Table de Matière

<b>I.7. Facteurs influençant la photocatalyse hétérogène</b> .....	21
<b>I.7.1. Influence de la concentration en catalyseur</b> .....	21
<b>I.7.2. Influence de la concentration du polluant</b> .....	21
<b>I.7.3. Influence du flux lumineux</b> .....	22
<b>I.7.4. Influence du pH</b> .....	22
<b>I.7.5. Influence de la température</b> .....	22
<b>I.8. Les types des réacteurs photocatalytiques</b> .....	22
<b>I.8.1. Réacteurs photocatalytiques avec lumière artificielle</b> .....	22
<b>A. Réacteurs à irradiation radiale</b> .....	22
<b>B. Réacteurs à irradiation externe</b> .....	23
<b>I.8.2. Réacteurs photocatalytiques avec lumière solaires</b> .....	23
<b>Références bibliographiques</b> .....	24

## Chapitre II : Matériels et méthodes

<b>Introduction</b> .....	27
<b>II .1. Le montage expérimental</b> .....	27
<b>II .2. Produits chimiques utilisés</b> .....	28
<b>II .2.1. Colorant Astrazon Red (6B)</b> .....	28
<b>II .2.2. Les semi-conducteurs</b> .....	29
<b>A. Le catalyseur l'oxyde de zinc (ZnO)</b> .....	29
<b>B. Le dioxyde de Titane (TiO<sub>2</sub>)</b> .....	31
<b>C. L'hypochlorite de sodium (NaClO)</b> .....	32
➤ <b>Les caractéristiques physico-chimiques</b> .....	32

## Table de Matière

➤ Les définitions de la concentration d'hypochlorite de sodium.....	32
• Le degré chlorométrique (°chl) .....	32
• Le pourcentage de chlore actif .....	33
II .3. Protocole de travail.....	33
II .3.1. Préparation des solutions de colorants.....	33
II .3.2. Préparation de semi-conducteur ZnO .....	33
II .3.3. Préparation de semi-conducteur NaClO .....	34
• Préparation de la solution mère .....	34
• Préparation de la solution filles.....	34
• Préparation de procède.....	34
II .4. Matériels et méthode d'analyse.....	35
II .4.1. Matériels.....	35
A. Verrerie du laboratoire.....	35
B. Balance.....	35
II .4.2. Méthode d'analyse.....	35
A. Le spectrophotomètre .....	35
B.PH mètre.....	37
C. La centrifugeuse.....	38
II .5. Les plans d'expériences .....	38
II .5.1.plan factoriel complet .....	39
II .5.2. Plans composite centrés .....	39
II .5.2. Optimisation .....	39

## Table de Matière

II.5.3. La courbe d'étalonnage .....	40
Références bibliographiques .....	41

### Chapitre III : Résultats et discussions

Introduction .....	42
III.1. Photolyse direct de l'Astrazon Red (6B) et dégradation photonique par le NaClO.....	42
III.2. Etude de l'influence des différents paramètres sur la dégradation de l'Astrazon Red 6B .....	44
III.2.1. Influence de la concentration en NaClO.....	44
III.2.2. Influence de l'intensité lumineuse UV .....	44
III.2.3. Influence de PH.....	45
III.3. Photocatalyse de l'Astrazon Red (6B) par le ZnO.....	46
III.3.1. Influence de quelques paramètres sur la photocatalyse de 6B par le ZnO .....	47
• Effet de la concentration du catalyseur.....	47
• Influence du débit Q .....	48
• Influence de la concentration de 6B.....	49
III.3.2. Optimisation des paramètres expérimentaux sur l'efficacité du procédés photocatalytique par la méthodologie des plans d'expériences .....	49
A. Estimation des effets.....	49
III.3.3. Analyse de la variance (ANOVA) .....	52
III.3.4. Le coefficient de détermination $R^2$ .....	53

## Table de Matière

<b>III.4. Plan d'expérience composite centré</b> .....	54
<b>III.5. Courbe d'isoreponses</b> .....	46
<b>Références bibliographiques</b> .....	58
<b>Conclusion Général</b> .....	59
<b>Annexe</b> .....	61
<b>Résumé</b>	

## Résumé

Les procédés d'oxydation avancés sont des techniques qui génèrent des entités oxydantes très réactives et non sélectives ce sont les radicaux hydroxyles ( $\cdot\text{OH}$ ). Ces radicaux sont capables de dégrader les polluants organiques, parmi ces procédés on peut citer le procédé photocatalyse hétérogène et photolyse qui font l'objet de notre étude.

Dans le cas de la photocatalyse hétérogène pour la dégradation de (6B) nous avons utilisé l'oxyde de zinc (ZnO) comme catalyseur dans réacteur photocatalytique à l'échelle semi-pilote avec lumière artificielle. Notre étude montre que le taux de dégradation de l'Astrazon Red (6B) sous irradiation UV augmente avec l'augmentation de la concentration du catalyseur et le débit de recirculation, et la diminution de la concentration de 6B.

Dans le cas de la photolyse avec le NaClO on trouve que le taux de décoloration du 6B en absence d'irradiation UV et en présence l'hypochlorite de sodium (NaClO) est faible, tandis qu'en présence d'UV (NaClO) on obtient une forte dégradation de 6B. On constate que la dégradation photonique d'Astrazon Red (6B) par NaClO est affectée par des différents paramètres parmi eux : la concentration en NaClO, l'intensité lumineuse UV et l'influence de PH.

Nous sommes également parvenus à un modèle mathématique du système étudié en travaillant sur le programme MINITAB 16, basé sur des méthodes de conception expérimentales.

### Mots clés

Procédés d'oxydation avancée, photocatalyse hétérogène, photolyse, réacteur photocatalytique, oxyde de zinc, hypochlorite de sodium, astrazon red, décoloration.

## المخلص

عمليات الأكسدة المتقدمة هي تقنيات تولد عناصر مؤكسدة شديدة التفاعل وغير انتقائية، وهي جذور الهيدروكسيل ( $\cdot\text{OH}$ ). هؤلاء الجذور قادرون على تحطيم الملوثات العضوية، ومن بين هذه العمليات يمكننا العمل بعملية التحفيز الضوئي غير المتجانسة والتحليل الضوئي التي هي موضوع دراستنا.

في حالة التحفيز الضوئي غير المتجانس لتحلل (6B) باستخدام أكسيد الزنك (ZnO) كمحفز وفي مفاعل تحفيزي ضوئي على نطاق شبه تجريبي بضوء اصطناعي، توضح دراستنا ان ازالة الملون (6B) تزداد تحت إشعاع الأشعة فوق البنفسجية بزيادة تركيز المحفز، تركيز 6B، معدل إعادة الدوران وهي المعاملات المختلفة التي تؤثر على التحلل الضوئي لـ 6B بواسطة ZnO. في حالة التحلل الضوئي باستخدام هيبوكلوريت الصوديوم NaClO، وجد أن معدل تغير اللون 6B في غياب الأشعة فوق البنفسجية وفي وجود هيبوكلوريت الصوديوم (NaClO) منخفض، بينما في وجود الأشعة فوق البنفسجية و (NaClO) وجد تحلل ضوئي قوي لـ 6B Astrazon Red. لوحظ أن التحلل الضوئي لـ (6B) يتأثر بمعايير مختلفة من بينها: تركيز NaClO، وشدة ضوء الأشعة فوق البنفسجية وتأثير PH.

توصلنا أيضًا إلى نموذج رياضي للنظام المدروس من خلال العمل على برنامج MINITAB 16، بناءً على أساليب التصميم التجريبي.

### الكلمات المفتاحية

عمليات الأكسدة المتقدمة. التحفيز الضوئي غير المتجانس. التحليل الضوئي. مفاعل التحفيز الضوئي. أكسيد الزنك. هيبوكلوريت الصوديوم إزالة اللون.