

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03
FACULTÉ DE GÉNIE DES PROCÉDÉS
DÉPARTEMENT GÉNIE DE L'ENVIRONNEMENT

N° d'ordre :.....

Série :.....

Mémoire

PRESENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER
EN GÉNIE DES PROCÉDÉS
OPTION : GÉNIE DES PROCÉDÉ DE L'ENVIRONNEMENT

ELIMINATION DE LA RHODAMINE B PAR PHOTOCATALYSE EN PHASE AQUEUSE

Présenté par :

Fadhloune ABIR

Cheurfa Hela Mira

Dirigé par :

Kiamouche Samir

Année universitaire

2019-2020

Session : Septembre

<i>Table de matière</i>	Page
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction générale	01
Chapitre I :les Colorants	
I-Généralités sur les colorants	03
I.1. Introduction	03
I.2. Les colorants	03
I.3. Classification des colorants	04
I.3.1. Classification chimique	04
I.3.2 Classification tinctoriale	06
I.4 Mécanisme de fixation des colorants	06
I.5 Utilisation des colorants	07
I.6 Impact des rejets textiles	07
I.6.1 Impact environnemental	08
I.6. 2 Impact sur la santé humaine	08
I.7 Normes et réglementation	08
1.8 Traitement des rejets colorés	09
1.8.1Physique	09
1.8.2Chimique	11

1.8.3 Biologique	11
Chapitre II : procédé d'oxydation avancée	
II.1 Généralités sur les procédés d'oxydation Avancée	13
II.2 Radicaux hydroxyles	14
II.2.1 Description et caractéristiques de $\bullet\text{OH}$	14
II.2.2 Inhibiteurs et promoteurs de radicaux libres	15
II.3. Les différents procédés d'oxydation avancée	15
II.3.1 Procédés d'oxydation chimique en phase homogène	17
II.3.1.1 Procédé fenton : couplage $\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$	17
II.3.1.2 Procédé de peroxonation ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$)	17
II.3.1.3 Couplage peroxyde/ultraviolet ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$)	18
II.3.1.4 Procédé de (O_3/UV)	19
II.4 Comparaison des POA	19
Chapitre III : La photocatalyse en phase hétérogène	
III.I. Généralités sur la photocatalyse	22
III.2 Photocatalyse hétérogène	22
III.3 Principe	23
III.4 Semi-conducteurs oxydes	24
III.5 Domaines d'application de la photocatalyse hétérogène	25
III.6 Aspect cinétique	25
III.6.1 Réactions avec les substances adsorbées	26
III.7 Dioxyde de titane (TiO_2)	26

III.8 Oxyde de zinc (ZnO)	27
III.9 Principaux paramètres influençant la photocatalyse	28
III.9.1 Influence de la masse de photocatalyser	28
III.9.2 Influence de la concentration en catalyseur	29
III.9.3 Influence du flux lumineux	29
III.9.4 Influence de la concentration de polluant (réactif)	30
III.9.5 Influence de la température	30
III.9.6 Influence de la Longueur d'onde	31
III.10 Inhibition du processus photo catalytique	32
III.11 Avantages de la photocatalyse	32
Chapitre IV : Matériels et Méthodes	
IV.1 Introduction	34
IV.2 Produits chimiques utilisés	34
IV.2.1 Rhodamine B	32
IV.2.2 Hématite (α -Fe ₂ O ₃)	36
IV.2.3 Dioxyde de titane TiO ₂	37
IV.2.4 Peroxyde d'hydrogène	37
IV.2.5 Oxyde de zinc	38
IV.3 Méthode de mesure et matériels utilisés	38
IV.3.1 Préparation de la solution synthétique du colorant et mesure de λ max	38
IV.3.2 Mesure de l'absorbance pour la détermination de la concentration du colorant	39
IV.3.3 pH mètre	41
IV.3.4 Centrifugeuse	42
IV.3.5 Agitateur	43
IV.3.6 Balance	43
Chapitre V : Résultats et discussions	

V.1 Introduction	45
V.2 Détermination UV-Visible de la rhodamine B	45
V.3 Droite d'étalonnage	46
V.4 Photolyse du Rhodamine B sous rayonnement solaire (≈ 400 nm)	47
V.5 Photolyse combinée du Rhodamine B sous rayonnement solaire (≈ 400 nm) / H ₂ O	49
V.6 Photocatalyse hétérogène du Rhodamine B (RS/ TiO ₂)	50
V.7 Photocatalyse hétérogène du Rhodamine B (RS/ZnO)	51
V.8 Photocatalyse hétérogène du Rhodamine B (RS/ α -Fe ₂ O ₃)	52
V.9 Photocatalyse hétérogène du Rhodamine B (RS/FeO)	52
Conclusion générale	54
Références bibliographiques	55
Résumé	60

liste des figures		Page
Chapitre I : les colorants		
Figure I. 1	Structure colorant-fibre	06
Chapitre II : les procédés d'oxydation Avancée		
Figure II.1	Les différents procédés d'oxydation avancée	16
Figure II.2	Mécanisme d'activation du peroxyde d'hydrogène par l'ozone (DORÉ, 1989)	18
Chapitre III :la photocatalyse hétérogène		
Figure III.1	Schéma de principe de la photocatalyse	24
Figure III.2	Oxydation et réduction de substrats adsorbés à la surface d'un photo catalyseur après excitation photochimique	26
Figure III.3	Schéma de la maille cristalline de TiO ₂ sous ses formes anatase et rutile	27
Figure III.4	Représentation des structures de ZnO : (a) cubique rocksalt, (b) cubique zinc blende, (c) hexagonal (wurtzite)	28
Figure III.5	Influences de la masse de photocatalyser	29
Figure III.6 :	Influence du flux lumineux	29
Figure III.7	Influence de la concentration de polluant (réactif)	30
Figure III.8	Influence de la température	31
Figure III.9	Influence de la longueur d'onde	32
Chapitre IV : Matériels et Méthodes		
Figure IV.1	Structure moléculaire de la Rhodamine B	35
Figure IV.2	Rhodamine B	35
Figure IV.3	Dioxyde de titane	37
Figure IV.4	Préparation de la Rhodamine B 10 mg/L.	39
Figure IV.5	Spectrophotomètre SHIMADZU.	39

Figure IV.6	Cuves de mesure	40
Figure IV.7	Loi de beer-lambert	41
Figure IV.8	pH-mètre jenway 3505	42
Figure IV.9	Centrifugeuse	43
Figure IV.10	Agitateur	43
Figure IV.11	Balance	44
Chapitre : V Résultats et Discussions		
Figure V.1	Détermination de λ_{\max} de la Rhodamine B	45
Figure V.2	Rhodamine B à plusieurs concentrations.	46
Figure V.3	Droite d'étalonnage de Rhodamine B	47
Figure V.4	Photolyse de la Rhodamine B sous rayonnement solaire (≈ 400)	47
Figure V.5	Exploitation cinétique par la loi de vitesse générale de la dégradation du Rhodamine B par photolyse sous rayonnement solaire	48
Figure V.6	Dégradation du Rhodamine B par la photolyse (RS/H ₂ O ₂) (état initiale et final)	49
Figure V.7	Dégradation du Rhodamine B par la photolyse (RS) et la photolyse (RS/H ₂ O ₂)	50
Figure V.8	Influence de la masse du semi-conducteur sur la dégradation de Rhodamine B en présence de RS/TiO ₂	51
Figure V.9	Influence de la nature du semi-conducteur (TiO ₂ et ZnO) sur la dégradation de la RB	51
Figure V.10	Influence de la nature du semi-conducteur (α -Fe ₂ O ₃ et ZnO) sur la dégradation de la RB	52
Figure V.11	Influence de la nature du semi-conducteur (FeO et α -Fe ₂ O ₃) sur la dégradation de la RB	53

Liste Des tableaux		Page
Chapitre I : les Colorants et les problèmes environnementaux		
Tableau I.1	les principaux groupes chromophores et auxochromes	04
Tableau I.2	Relation entre la fréquence absorbée et la couleur transmise	04
Tableau I.3	Classification chimique et structure des colorants	05
Tableau I.4	Taux de fixation sur textile pour les différentes classes de colorants	07
Tableau I.5	Valeurs limites des paramètres de rejets d'effluents textiles	09
Tableau I.6	Comparaison des technologies physiques de dépollution des effluents textiles en fonction des avantages et des inconvénients.	10
Tableau I.7	Comparaison des technologies physiques de dépollution des effluents textiles en fonction des avantages et des inconvénients	11
Tableau I.8	Comparaison des technologies biologiques de dépollution des effluents textiles en fonction des avantages et des inconvénients	12
Chapitre II : les procédés d'oxydation Avancée		
Tableau II.1	Les différents procédés d'oxydation avancée et leurs entités réactives	14
Tableau II.2	Potentiel d'oxydo-réduction d'agents oxydants	16
Tableau II.3	Comparaison des procédés d'oxydation avancée	20
Chapitre III : photocatalyse hétérogène		
Tableau III.1	Les énergies bandes gap des semi-conducteurs les plus utilisés en photocatalyse	25
Chapitre IV : Matériels et Méthodes		
Tableau IV.1	Produits chimiques utilisés	34
Tableau IV.2	Propriétés physico-chimiques de la Rhodamine B	36
Tableau IV.3	Caractéristiques physico chimiques de l'Hématite	36
Tableau IV.4	Caractéristiques physicochimiques de peroxyde d'hydrogéné	37
Tableau IV.5	Les propriétés électriques de ZnO	38

Résultats et discussions

Tableau V.1	Les valeurs de la courbe d'étalonnages de la Rhodamine B	46
Tableau V.2	Rendement d'élimination de la RB pour différents semi-conducteurs	53

Résumé

L'étude réalisée dans ce travail s'intéresse à la dégradation de la Rhodamine B, par le procédé photocatalytique homogène et hétérogène : Photolyse (Rayonnement solaire), Rayonnement solaire/H₂O₂, Rayonnement solaire/TiO₂, Rayonnement solaire/ZnO, Rayonnement solaire/ α -Fe₂O₃, Rayonnement solaire/FeO. La rhodamine B est un colorant cationique très utilisé dans la fabrication cosmétique, l'industrie textile et pharmaceutique.....etc. Cette substance pénètre dans l'environnement par les rejets industriels ce qui entraîne des problèmes de pollution des milieux aquatiques.

La dégradation de cette substance a été suivie par spectrophotométrie UV-Visible, et le meilleur résultat est obtenu par la photocatalyse hétérogène (rayonnement solaire /TiO₂) pour une durée suffisamment faible avec un taux de dégradation 99,83%.

Mots clé : UV-visible, photocatalyse, rayonnement solaire, Rhodamine B, pollution organique, semi-conducteur.

Abstract

The study carried out in this work is concerned with the degradation of Rhodamine B, by the homogeneous and heterogeneous photocatalytic process: Photolysis (Solar radiation), Solar radiation / H₂O₂, Solar radiation / TiO₂, Solar radiation / ZnO, Solar radiation / α -Fe₂O₃, Solar radiation / FeO. Rhodamine B is a cationic dye widely used in cosmetics, textile and pharmaceutical industries ... etc. This substance enters the environment through industrial discharges, which causes pollution problems in aquatic environments.

The degradation of this substance was followed by UV-Visible spectrophotometry, and the best result is obtained by heterogeneous photocatalysis (solar radiation / TiO₂) for a sufficiently low duration with a degradation rate of 99.83%.

Keywords: UV-visible, photocatalysis, solar radiation, Rhodamine B, organic pollution, semiconductor.

ملخص

تركز الدراسة التي تم إجراؤها في هذا العمل على تحلل مادة Rhodamine B، من خلال عملية التحفيز الضوئي المتجانسة وغير المتجانسة: التحلل الضوئي (الإشعاع الشمسي)، الإشعاع الشمسي / H₂O₂، الإشعاع الشمسي / TiO₂، الإشعاع الشمسي / ZnO، الإشعاع الشمسي / α -Fe₂O₃، الإشعاع الشمسي / FeO. رودامين ب هي صبغة كاتيونية تستخدم على نطاق واسع في مستحضرات التجميل والمنسوجات والصناعات الدوائية ... إلخ. تدخل هذه المادة إلى البيئة من خلال التصريفات الصناعية مما يسبب مشاكل تلوث في البيئات المائية.

تبع تحلل هذه المادة القياس الطيفي المرئي للأشعة فوق البنفسجية، وتم الحصول على أفضل نتيجة بواسطة التحفيز الضوئي غير المتجانس (الإشعاع الشمسي / TiO₂) لمدة منخفضة بدرجة كافية بمعدل تحلل 99.83%.

الكلمات المفتاحية: الأشعة فوق البنفسجية المرئية، التحفيز الضوئي، الإشعاع الشمسي، رودامين ب، التلوث العضوي، أشباه النواقل.