



**Université Saâd Dahlab**  
Faculté des Sciences de l'Ingénieur

**UNIVERSITÉ**  
**— PARIS-EST**

**Université Paris-Est**  
Institut Francilien des Sciences Appliquées

## **THÈSE**

pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paris-Est et Saâd Dahlab

Spécialité :

**Génie des procédés**

**Science et Techniques de l'Environnement**

présentée et soutenue publiquement par

**Mme BOUAFIA Souâd épouse CHERGUI**

Octobre 2010

### **DEGRADATION DES COLORANTS TEXTILES PAR PROCEDES D'OXYDATION AVANCEE BASEE SUR LA REACTION DE FENTON**

**Application à la dépollution des rejets industriels**

### **DEGRADATION OF TEXTILE DYES BY ADVANCED OXIDATION PROCESSES BASED ON FENTONREACTION.**

**Application to the depollution of industrial effluents**

**Directeurs de thèse (co-tutelle) : Pr. Mehmet A. OTURAN (Univ. Paris-Est FRANCE)**

**Pr. Hussein KHALAF (Univ. Saâd Dahlab BLIDA)**

#### **Jury :**

<b>Président</b>	<b>: Pr. KHELIFA Abdallah</b>	Université Saâd Dahlab BLIDA Algérie
<b>Rapporteurs</b>	<b>: Pr. GIL Otavio</b>	Université Caen Basse Normandie France
	<b>Dr. BELHAMEL Maïouf</b>	Centre de développement des énergies renouvelables
<b>Examineur</b>	<b>: Dr. OTURAN Nihal</b>	Université Paris-Est France

## ESUME

Les procédés dits d'oxydation avancés (POA) permettent la dégradation totale (minéralisation) en milieu aqueux des polluants organiques persistants et/ou toxiques pour l'homme et pour l'environnement. Cette étude porte sur l'application de deux POA principaux : électro-Fenton et photo-Fenton, au traitement des eaux polluées par des colorants de textile. La particularité de ces procédés tient à la génération dans le milieu d'entités oxydantes très réactives, les radicaux hydroxyles ( $\bullet\text{OH}$ ) qui sont capables d'oxyder n'importe quelle polluant organique ou organométallique jusqu'au stade ultime d'oxydation, c'est-à-dire la minéralisation (transformation en  $\text{CO}_2$  et  $\text{H}_2\text{O}$ ).

Dans le cas des colorants étudiés (BB41, BR46 et BY28), il a été montré que le taux de minéralisation par le procédé électro-Fenton dépend des paramètres expérimentaux tels que la concentration du catalyseur, l'intensité du courant appliqué, le pH du milieu, etc.. Cette étude a montré que l'électrolyse du colorant suit une cinétique de pseudo premier ordre. Dans les conditions expérimentales optimales ( $I = 225 \text{ mA}$  et  $[\text{Fe}^{3+}]_0 = 0,1 \text{ mM}$ ), les taux de minéralisation obtenus pour des solutions aqueuses des trois colorants étudiés étaient de 93, 82 et 73% pour le BB41, BR46 et BY28 respectivement après 6 h de traitement.

Le taux de minéralisation par le procédé photo-Fenton ( $\text{UV}/\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2$ ) est fonction des doses des réactifs utilisés et des rapports  $R = [\text{H}_2\text{O}_2]/[\text{Fe}^{3+}]$  et  $R' = [\text{Fe}^{3+}]/[\text{substrat}]$ . Ainsi, les taux de minéralisation obtenus sont de l'ordre de 93% pour le BB41, 85% pour le BR46 et de 95% pour le BY28 pour une durée de traitement de 5 heures avec des rapports  $R = 10$  et  $R' = 40$ . L'étude de la dégradation du colorant BB41 sur une unité pilote utilisant le rayonnement solaire a montré que le procédé héli-photo-Fenton est très efficace. Ce procédé s'inscrit dans une perspective de développement durable et son fonctionnement est basé sur une énergie renouvelable.

Une comparaison des performances de minéralisation d'un mélange de colorants par les deux procédés étudiés par l'estimation de l'énergie électrique consommée a montré que les procédés photo-Fenton et électro-Fenton permettent d'atteindre des taux de minéralisation très importants et que le procédé électro-Fenton semble être favorisé avec non utilisation de réactifs chimiques et une faible consommation d'énergie électrique.

**Mots clés :** Procédés d'oxydation avancée, Colorants synthétiques, Electro-Fenton, Photo-Fenton, Radicaux hydroxyles, Traitement des eaux, Minéralisation.

## ABSTRACT

Advanced oxidation processes (AOPs) permit the total degradation (mineralization) in aqueous solutions of hazardous organic molecules for human being and for the environment. This study concerns the application of two main AOPs: electro-Fenton, and photo-Fenton, to treatment of wastewater containing toxic and/or persistent organic pollutants such as textile dyes. The characteristic of these processes is due to the generation of very reactive and highly oxidizing species, hydroxyl radicals ( $\bullet\text{OH}$ ) which are able to oxidize any organic pollutant until the ultimate oxidation stage, i.e. mineralization (transformation into  $\text{CO}_2$  and  $\text{H}_2\text{O}$ ).

In the study the aqueous solutions of dyes BB41, BR46 and BY28 have been treated by two selected AOPs. It has been shown that the mineralization rate by electro-Fenton process depends on operating parameters such as catalysis concentration, applied current intensity, pH, etc. It was also observed that e dyes degradation obeys to a pseudo first-order reaction. Under the optimal operating conditions ( $[\text{Fe}^{3+}] = 0.1\text{mM}$ ,  $I = 225\text{ mA}$ ,  $\text{pH} = 3$ ), electro-Fenton process can lead to an almost mineralization of dyes solutions: 93, 82 and 73% of TOC abatement are obtained for BB41, BR46 and BY28 respectively.

The rate of mineralization by the photo-Fenton ( $\text{UV}/\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2$ ) is a function of used reagents doses, the ratio  $R = [\text{H}_2\text{O}_2]/[\text{Fe}^{3+}]$  and  $R' = [\text{Fe}^{3+}]/[\text{substrate}]$ . Thus, mineralization rates obtained are around 93% for the BB41, 85% for BR46 and 95% for BY28 for a treatment time of 5 h with a ratios  $R = 10$  and  $R' = 40$ . The study of the degradation of the dye BB41 on a pilot plant using solar radiation showed that the process Helio-photo-Fenton is very effective. This process is part of a sustainable development perspective and its operation is based on renewable energy.

A comparison of the mineralization performances of different studied processes in terms of mineralization degree and energy efficiency showed that photo-Fenton and electro-Fenton processes permit to reach high mineralization rate and that the electro-Fenton process can be considered the more efficient technique with no use of chemicals and low energy consumption.

**Keywords:** Advanced Oxidation Process, Synthetic dyes, electro-Fenton, Photo-Fenton, Hydroxyl radicals, Wastewater treatment, Mineralization.