



AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mr ADACHI Abderrazzak

Soutiendra : le Samedi 21/12/2024 à 10H00

Lieu : FSDM – Centre Visioconférence

Une thèse intitulée :

**« Développement et Optimisation de Procédés Physico-Chimiques
Innovants via les Plans d'Expériences pour l'Élimination des
Micropolluants Organiques : Coagulation-Floculation et
Oxydation Avancée avec des Biocatalyseurs Imprégnés de Fer »**

En vue d'obtenir le Doctorat

FD : Ressources Naturelles, Environnement et Développement Durable

Spécialité : Matériaux et Génie des procédés

Devant le jury composé comme suit :

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
Pr TALEB Mustapha	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Président
Pr KAICHOUH Ghizlan	Faculté des Sciences, Rabat	MCH	Rapporteur
Pr TALEB Abdeslam	Faculté des Sciences et Technique, Mohammedia	PES	Rapporteur
Pr RAIS Zakia	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Rapporteur
Pr ELOUTASSI Nouredine	Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation, Fès	PES	Examineur
Pr BAHOU Jamila	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Examineur
Pr CHAOUCH Mehdi	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Invité
Pr LAHKIMI Amal	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Directeur de thèse



Résumé :

Les colorants sont des composés essentiels utilisés dans diverses industries, telles que les textiles, l'imprimerie, les cosmétiques et l'alimentation, pour répondre à l'augmentation démographique et à la modernisation. La plupart de ces colorants sont stables à la photolyse et résistants à la dégradation microbienne, ce qui les rend difficilement biodégradables. Dans cette étude, trois procédés de traitement utilisant des matériaux naturels disponibles au Maroc ont été appliqués pour dépolluer les eaux usées des textiles, en utilisant le gland de chêne vert et le cactus. De plus, la sciure de bois et la coquille d'amande ont été préparées par la méthode de carbonisation hydrothermale (CHT). Ensuite, les catalyseurs hétérogènes (hydrochar) à base de sciure de bois ont été synthétisés en imprégnant ces hydrochars avec des sels de fer ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), puis en les soumettant à un traitement hydrothermique à 200 °C pendant 3 heures. Le deuxième catalyseur bimétallique a été synthétisé en dopant les ions Fe^{2+} et Cu^{2+} par une méthode de carbonisation hydrothermale, suivie d'une pyrolyse à 500°C pendant 2 heures. Les performances catalytiques des différents catalyseurs synthétisés ont été évaluées pour la dégradation et l'élimination du méthyl orange (MO) par le procédé de Fenton hétérogène. Les caractéristiques physico-chimiques des divers catalyseurs synthétisés (contenu en fer et en cuivre, texture poreuse, microstructure et morphologie) ont été étudiées et corrélées à leurs performances d'élimination du méthyl orange. Les résultats indiquent que le taux de dégradation du méthyl orange par le procédé Fenton hétérogène est de 98,97% avec les catalyseurs bimétalliques (FeCu-HC), tandis qu'il atteint 92,45% avec les catalyseurs monométalliques (5%Fe-HC). De plus, le procédé Electro Fenton, qui utilise deux électrodes (graphite de carbone et acier inoxydable) pour initier des réactions électrochimiques, a permis de dégrader avec succès 94,9 % du colorant méthyl orange. L'application de la conception des plans d'expériences, couplée à la méthodologie de surface de réponse (MSR), a été utilisée avec succès pour étudier les effets des différentes variables et optimiser le taux de décoloration. Les catalyseurs hétérogènes de Fenton (5%Fe@HC, FeCu-HC) ont démontré une excellente stabilité sur plusieurs cycles, avec une faible lixiviation des métaux. Ces résultats suggèrent que le 5%Fe@HC et le FeCu-HC sont deux catalyseurs prometteurs pour la dégradation du méthyl orange, ouvrant ainsi la voie au développement d'autres catalyseurs peu coûteux, rentables et efficaces pour le traitement des eaux polluées.

Mots clés :

Procédés d'oxydation avancée, Catalyseurs hétérogènes, carbonisation hydrothermale, optimisation, méthyl orange.



Development and Optimization of Innovative Physical-Chemical Processes via Experimental Design for the Removal of Organic Micropollutants: Coagulation-Flocculation and Advanced Oxidation with Fe Impregnated Biocatalysts

Abstract:

Dyes are essential compounds used in a variety of industries, such as textiles, printing, cosmetics and food, in response to demographic growth and modernization. Most of these dyes are stable to photolysis and resistant to microbial degradation, making them difficult to biodegrade. In this study, three treatment processes using natural materials available in Morocco were applied to depollute textile wastewater, using holm oak acorn and cactus. In addition, sawdust and almond shell were prepared using the hydrothermal carbonization method (HTC). Next, sawdust-based heterogeneous catalysts (hydrochar) were synthesized by impregnating these hydrochars with iron salts ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), then subjecting them to hydrothermal treatment at 200°C for 3 hours. The second bimetallic catalyst was synthesized by doping Fe^{2+} and Cu^{2+} ions using a hydrothermal carbonization method, followed by pyrolysis at 500°C for 2 hours. The catalytic performance of the various catalysts synthesized was evaluated for the degradation and removal of methyl orange (MO) by the heterogeneous Fenton process. The physico-chemical characteristics of the various catalysts synthesized (iron and copper content, porous texture, microstructure and morphology) were studied and correlated with their methyl orange removal performance. The results indicate that the methyl orange degradation rate of the heterogeneous Fenton process is 98.97% with bimetallic catalysts (FeCu-HC), while it reaches 92.45% with monometallic catalysts (5%Fe-HC). In addition, the Electro Fenton process, which uses two electrodes (carbon graphite and stainless steel) to initiate electrochemical reactions, successfully degraded 94.9% of the methyl orange dye. The application of design of experiments, coupled with surface response methodology (SRM), was successfully used to study the effects of different variables and optimize the decolorization rate. Heterogeneous Fenton catalysts (5%Fe@HC, FeCu-HC) demonstrated excellent stability over several cycles, with low metal leaching. These results suggest that 5%Fe@HC and FeCu-HC are two promising catalysts for the degradation of methyl orange, paving the way for the development of other low-cost, cost-effective and efficient catalysts for the treatment of polluted water.

Key Words:

Advanced oxidation processes, heterogeneous catalysts, hydrothermal carbonization, optimization, methyl orange.