

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

LAVALEF

Département : Génie Chimique

Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Chimique

Thème

Application de l'adsorption sur charbon actif et de la photocatalyse sur TiO_2 pour le traitement d'une eau contaminée par un polluant pharmaceutique

Nassima AMELLAL – Samy BOUACEM

Sous la direction de : Mme F. KIES Maître de Conférences A (ENP)
Mme K. ABDELLAOUI Maître Assistante A (UMBB)

Présenté et soutenu publiquement le (24/06/2023)

Composition du jury :

Présidente	Mme A. AMRI	MCA	ENP
Promotrices	Mme F. KIES	MCA	ENP
	Mme K. ABDELLAOUI	MAA	UMBB
Examineur	M. R. BOUARAB	Professeur	ENP

ENP 2023

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

LAVALEF

Département : Génie Chimique

Laboratoire de Valorisation des Energies Fossiles

Mémoire de Projet de Fin d'Etudes

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Génie Chimique

Thème

Application de l'adsorption sur charbon actif et de la photocatalyse sur TiO_2 pour le traitement d'une eau contaminée par un polluant pharmaceutique

Nassima AMELLAL – Samy BOUACEM

Sous la direction de : Mme F. KIES Maître de Conférences A (ENP)
Mme K. ABDELLAOUI Maître Assistante A (UMBB)

Présenté et soutenu publiquement le (24/06/2023)

Composition du jury :

Présidente	Mme A. AMRI	MCA	ENP
Promotrices	Mme F. KIES	MCA	ENP
	Mme K. ABDELLAOUI	MAA	UMBB
Examineur	M. R. BOUARAB	Professeur	ENP

ENP 2023

Dédicaces

À mes **chers parents**, qui m'ont soutenu à chaque étape de mon parcours. Votre amour, votre encouragement ont été essentiels pour me mener là où je suis aujourd'hui. Cette réussite est également la vôtre. Que Dieu vous préserve, vous accorde santé, bonheur et une longue vie.

À la mémoire de mes **chers grands-parents**, qui ont laissé un héritage d'amour, de sagesse et de persévérance. Votre absence est profondément ressentie, mais votre souvenir reste vivant dans nos cœurs. Ce projet est dédié à vous, en honneur de l'amour et du soutien que vous m'avez toujours apportés tout au long de ma vie.

À ma grand-mère, qui m'a toujours accompagnée avec ses prières. Que Dieu lui accorde une longue vie et beaucoup de santé.

À mes frères **Oussama** et **Fares**, et ma sœur **Sarah**, qui ont toujours été présents pour moi, sans oublier mon adorable petite nièce **Lyna**.

À mes oncles, tantes, cousins et cousines, qui ont toujours été là avec leur soutien et leur affection. Votre rôle dans ma vie a été précieux et votre présence m'a apporté tant de bonheur.

À l'ensemble des familles **Amellal** et **Attou**.

À ma promotrice, **Mme. Kies**, je souhaite exprimer ma sincère reconnaissance. Votre dévouement, votre guidance experte et votre soutien ont été d'une importance capitale pour la réussite de ce projet. Vos conseils éclairés et votre accompagnement attentif ont été une source d'inspiration constante tout au long du parcours. Je suis profondément reconnaissante de la confiance que vous m'avez accordée. Votre contribution précieuse a grandement enrichi mon expérience.

À mon binôme **Samy**, pour sa patience, sa compréhension et sa sympathie tout au long de ce projet. Notre travail d'équipe a été la clé de notre réussite.

À mes chères amies **Nouha**, **Safa**, **Imane** et **Hanane** qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

À ma promo 2023, avec qui je garde les meilleurs souvenirs.

À toutes les personnes qui m'ont aidé et encouragé, qui ont toujours été à mes côtés et m'ont accompagné durant mon parcours d'études. Je suis reconnaissante pour leur soutien.

Nassima.

Dédicaces

À mes plus grands soutiens et sources d'inspiration, je dédie ce travail avec tout mon amour et ma reconnaissance infinis

À mes chers parents, Je suis profondément reconnaissant pour votre dévotion sans faille et votre soutien indéfectible. Vos encouragements constants et votre confiance en mes capacités m'ont donné la force et la détermination nécessaires pour surmonter les obstacles. Votre présence aimante et bienveillante a été mon réconfort dans les moments de doute et d'incertitude. Vous avez été mon modèle de persévérance, de générosité et d'amour inconditionnel. Je vous suis infiniment reconnaissant pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour moi, pour votre dévouement et votre patience infatigables. Je suis profondément reconnaissant d'avoir des parents aussi extraordinaires que vous.

À mon cher frère Hocine, Tes encouragements parfois durs mais toujours empreints de bienveillance ont été les fondations sur lesquelles j'ai construit ma détermination et ma volonté de donner le meilleur de moi-même.

À mon grand-père Mohamed Oustani, pour ton amour, tes conseils avisés et ta présence réconfortante. Je t'aime et je suis reconnaissant d'avoir eu la chance d'avoir un grand-père aussi merveilleux que toi, et j'espère que tu es fière de moi du paisible endroit où tu te trouves,

À Djedou Said et Manou, pour tout l'amour qui m'ont porté et toute la tendresse où j'ai beigné, que Dieu vous accorde une longue vie et beaucoup de santé.

À mes oncles Nasrallah et Zine, ainsi qu'à mes tantes Baya, Affaf, Nacera, Naima, Lynda, Soussou et Widad, et à mes tata Amel et Annie. Cette dédicace est une humble expression de ma profonde reconnaissance pour votre soutien tout au long de mon parcours éducatif. Votre présence bienveillante et votre accompagnement précieux ont été des piliers essentiels dans ma vie.

À mes chères cousines, Wiam, Wissal, Serine, Yassemine, Meriam, Melyssa, Wissem et Aya. Vous êtes bien plus que des cousines pour moi, vous êtes mes sœurs de cœur, mes confidentes et mes complices de vie. Chacune de vous a apporté une touche spéciale à ma vie, remplissant mes journées de rires, de souvenirs précieux et de moments inoubliables. Votre présence a été une source de réconfort et de soutien inconditionnel

À mes chères amies d'enfance Ismahane, Farida et Manel, et à mes précieux amis de la promotion 2023 Imane, Amir, Safa, Soulef, Ferial, Maria, Hayem, Abderrahmane, Hanane, Idris, Sihem, Aïmen et Anis. Ainsi qu'à Yousra, Keltoum et Maya. Vous avez été des compagnons fidèles tout au long de mon parcours, apportant de la joie, du soutien et des souvenirs inoubliables à ma vie.

À ma chère promotrice Mme. Kies, Vous avez été une mentore bienveillante, toujours présente pour m'encourager, me guider et m'inspirer à donner le meilleur de moi-même. Votre soutien et votre écoute attentive ont été des fondements sur lesquels j'ai pu m'appuyer tout au long de ce parcours.

À ma chère binôme Nassima, Cette dédicace est une expression sincère de gratitude pour notre collaboration extraordinaire tout au long de notre PFE. Les moments que nous avons partagés et le travail acharné que nous avons accompli ensemble resteront à jamais gravés dans ma mémoire.

À Asma. Cette dédicace est un témoignage sincère de ma profonde gratitude et de mon immense admiration. Tu as été bien plus qu'une amie pour moi, tu as été mon mentor et mon guide.

Samy

Remerciements

Ce Projet de Fin d'Études a été réalisé, au sein du Laboratoire de Valorisation des Énergies Fossiles, sous la direction de Dre F. Kies et de Mme K. Abdellaoui.

Tout d'abord, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné la chance, la force et l'aide nécessaire pour réaliser ce projet.

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance envers nos deux Promotrices Dre F. Kies et Mme K. Abdellaoui pour leur disponibilité, leurs conseils précieux, leurs encouragements et pour avoir partagé généreusement avec nous leur savoir-faire et leurs connaissances.

Nous souhaitons également exprimer notre profonde gratitude envers Dre A. Amri pour l'honneur qu'elle nous accorde en présidant ce jury.

Nos remerciements les plus chaleureux vont également au Pr R. Bouarab de nous avoir fait l'honneur d'examiner notre travail.

Nous sommes reconnaissants envers Mme S. KIES de nous avoir fourni gracieusement l'antibiotique, la doxycycline, qui nous a permis de mener à bien cette étude expérimentale.

Nous voudrions exprimer notre reconnaissance envers Dre O. Rebas, Responsable du Département Génie Chimique, pour avoir mis à notre disposition les ressources matérielles nécessaires à la réalisation de nos expériences.

Nous tenons également à remercier sincèrement Mme R. Benoughlis, ingénieure de laboratoire au Département Génie Chimique, pour sa grande disponibilité et son précieux soutien.

Nous n'oublions pas tous les enseignants du Département Génie Chimique auprès desquels nous avons grandement acquis nos connaissances.

Enfin, nous souhaitons exprimer notre gratitude envers l'ensemble du personnel de l'École Nationale Polytechnique, qui nous a apporté aide et soutien tout au long de ce modeste travail.

ملخص: تطبيق الامتزاز على الكربون المنشط والتحفيز الضوئي على ثاني أكسيد التيتانيوم لمعالجة المياه الملوثة بملوث صيدلاني

الهدف من هذه الدراسة هو نزع الملوث الصيدلاني (الدوكسيسيكليين) الموجود في البيئة المائية عن طريق امتزازه على الكربون المنشط التجاري وعن طريق التحفيز الضوئي على ثاني أكسيد التيتانيوم / الأشعة الشمسية. تم إجراء الاختبارات على دفعات ودُرس تأثير العوامل المختلفة مثل زمن التلامس، والتركيز الأولي للدوكسيسيكليين، وكتلة الركيزة، ودرجة الحرارة، على فعالية تقنيتي إزالة التلوث. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن كمية الدوكسيسيكليين التي تمت نزعها تزداد مع زيادة تركيزها الأولي، وأن كفاءة العلاج تزداد مع زيادة كتلة الركيزة. يتم وصف حركيات الامتزاز بشكل جيد من خلال نموذج شبه الترتيب الثاني، ويتم وصف حركية التحفيز الضوئي بشكل صحيح بواسطة نموذج الدرجة الأولى. يتم تمثيل متساوي الحرارة من النوع ل بشكل جيد بواسطة نموذج سييس. تشير الدراسة الديناميكية الحرارية إلى أن ظاهرة الامتصاص عفوية، ماصة للحرارة، وكيميائية بطبيعتها. إن التحفيز الضوئي لثاني أكسيد التيتانيوم / ضوء الشمس، وهو عملية أبطأ بكثير من امتصاص الكربون، يحقق كفاءة أعلى بكثير في نزع الدوكسيسيكليين من الامتزاز.

الكلمات المفتاحية: الامتزاز، الكربون المنشط، التحفيز الضوئي، ثاني أكسيد التيتانيوم / الأشعة الشمسية، الدوكسيسيكليين، معالجة المياه

Abstract: Application of activated carbon adsorption and TiO₂ photocatalysis for the treatment of water contaminated with a pharmaceutical pollutant.

The objective of this study is to remove a pharmaceutical pollutant (doxycycline) from aquatic environments through adsorption on a commercial activated carbon and photocatalysis using TiO₂/UV-solar. Batch experiments were conducted to investigate the influence of various parameters (contact time, initial doxycycline concentration, substrate mass and temperature) on the efficiency of the two treatment techniques. The results obtained show that the amount of doxycycline removed increases with its initial concentration and the treatment efficiency improves with increasing substrate mass. The adsorption kinetics is well described by the pseudo-second-order model while the photocatalysis kinetics follows the first-order model. The experimental L-type adsorption isotherm is accurately represented by the Sips model. Thermodynamic analysis indicates that the adsorption process is spontaneous, endothermic and chemical in nature. TiO₂/UV-solar photocatalysis, although slower than activated carbon adsorption, achieves significantly higher doxycycline removal efficiencies.

Keywords: Adsorption, activated carbon, photocatalysis, TiO₂/UV-solar, doxycycline, water treatment.

Résumé : Application de l'adsorption sur charbon actif et de la photocatalyse sur TiO₂ pour le traitement d'une eau contaminée par un polluant pharmaceutique

L'objectif de cette étude est d'éliminer un polluant pharmaceutique (doxycycline), présent dans le milieu aquatique, par adsorption sur un charbon actif commercial et par photocatalyse sur TiO₂/UV-solaire. Les essais ont été réalisés en mode batch et l'influence de différents paramètres (temps de contact, concentration initiale en doxycycline, masse de substrat et température) sur l'efficacité des deux techniques de dépollution a été étudiée. Les résultats obtenus montrent que la quantité de doxycycline éliminée augmente avec sa concentration initiale et que l'efficacité du traitement augmente avec la masse du substrat. La cinétique d'adsorption est bien décrite par le modèle du pseudo-second ordre et la cinétique de la photocatalyse est correctement décrite par le modèle du premier ordre. L'isotherme expérimentale d'adsorption de type L est bien représentée par le modèle de Sips. L'étude thermodynamique indique que le phénomène d'adsorption est spontané, endothermique et de nature chimique. La photocatalyse sur TiO₂/UV-solaire, qui s'avère être un processus nettement plus lent que l'adsorption sur charbon, permet d'atteindre des efficacités d'élimination de la doxycycline bien plus importantes que celles de l'adsorption.

Mots clés : Adsorption, charbon actif, photocatalyse, TiO₂/UV-solaire, doxycycline, traitement des eaux.

Confidentiel