



Mémoire de Projet de Fin d'Études

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

Étude de l'adsorption de la Fuchsine par la diatomite algérienne : *Modélisation et Optimisation.*

ABBAD Abderraouf & BOULMIS Abdennour

Sous la direction de Mme. Y. TCHOULAK-DAHOUN ENP

Soutenu le 23 Juin 2025, Devant le jury composé de :

Mme O. REBAS :	MCA ENP - Présidente
Mr. A.Y.SAHNOUN :	MCA ENP - Examineur
Mme. Y. TCHOULAK-DAHOUN :	MAA ENP - Promotrice



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات .
قسم الهندسة الكيميائية.
École Nationale Polytechnique
Département Génie Chimique

Mémoire de Projet de Fin d'Études

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

Étude de l'adsorption de la Fuchsine par la diatomite algérienne : *Modélisation et Optimisation.*

ABBAD Abderraouf & BOULMIS Abdennour

Sous la direction de Mme. Y. TCHOULAK-DAHOUN ENP

Soutenu le 23 Juin 2025, Devant le jury composé de :

Mme O. REBAS :	MCA ENP - Présidente
Mr. A.Y.SAHNOUN :	MCA ENP - Examineur
Mme. Y. TCHOULAK-DAHOUN :	MAA ENP - Promotrice

ملخص : دراسة امتزاز الفوشين بواسطة الدياتومايت الجزائري: النمذجة والتحسين.

يركز مشروع التخرج هذا على امتزاز صبغة عضوية سامة باستخدام الدياتومايت الجزائري، تم إجراء دراسة تجريبية لتحديد العوامل المؤثرة، وتم تحسين شروط الامتزاز باستخدام تصميم التجارب، مما أتاح نموذجاً ناجحاً وتحسين المردودية التي تجاوزت 90% في الظروف المثالية.

تمت دراسة تجديد الدياتومايت من خلال المعالجة الحرارية، مما سمح باستعادة قدرته على الامتزاز بشكل فعال. وأخيراً، تم تطوير نموذج تنبئي قائم على الشبكات العصبية الاصطناعية، وقدم هذا النموذج تقديرات دقيقة للمردودية. يُبرز هذا العمل الإمكانيات الواعدة للدياتومايت الجزائري في معالجة المياه الملونة، وأهمية المناهج الإحصائية والرقمية في تحسين العمليات البيئية.

الكلمات المفتاحية: الامتزاز، التجديد، الدياتومايت، الشبكات العصبية الاصطناعية.

Abstract : Study of the Adsorption of Fuchsine by Algerian Diatomite : Modeling and Optimization.

This final year project focuses on the adsorption of a toxic organic dye using Algerian diatomite. An experimental study was conducted to identify the influencing parameters. The optimization of adsorption conditions was carried out using a design of experiments, allowing for the modeling and optimization of yields, which exceeded 90% under optimal conditions.

The regeneration of the diatomite was studied through thermal treatment, which effectively restored its adsorption capacity. Finally, a predictive model based on artificial neural networks was developed, providing accurate yield estimations. This work highlights the potential of Algerian diatomite for the treatment of colored wastewater, as well as the relevance of statistical and computational approaches in optimizing environmental processes.

Keywords : Adsorption, Regeneration, diatomite, artificial neural networks.

Résumé : Étude de l'adsorption de la Fuchsine par la diatomite algérienne : Modélisation et Optimisation

Ce projet de fin d'études porte sur l'adsorption d'un colorant organique toxique à l'aide de la diatomite algérienne. Une étude expérimentale a été menée afin de déterminer les paramètres influents. L'optimisation des conditions d'adsorption a été réalisée à l'aide d'un plan d'expériences, permettant de modéliser et d'optimiser les rendements, qui ont dépassé 90% dans les meilleures conditions.

La régénération de la diatomite a été étudiée par traitement thermique, ce qui a permis de restaurer de manière satisfaisante sa capacité d'adsorption. Enfin, un modèle prédictif basé sur les réseaux de neurones artificiels a été développé, offrant une estimation précise des rendements. Ce travail met en évidence le potentiel de la diatomite algérienne pour le traitement des eaux colorées, ainsi que l'intérêt des approches statistiques et numériques dans l'optimisation des procédés environnementaux.

Mots clés : Adsorption, régénération, diatomite, réseaux de neurones artificiels. .

Remerciements

Nous remercions d'abord Dieu tout-puissant pour nous avoir guidés et donné la force de réaliser ce projet.

*Ce travail, mené au département de Génie Chimique de l'École Nationale Polytechnique d'Alger, a été encadré par Mme **Y. Tchoulak-Dahoun**. Nous lui exprimons notre profonde gratitude pour sa confiance, sa disponibilité, ses conseils avisés et son encadrement pédagogique. Cette expérience a marqué nos premiers pas dans la recherche.*

*Nous remercions chaleureusement **Mme O. Rebas** pour l'honneur de présider notre jury de soutenance, ainsi que **M. A.Y. Sahnoun** pour avoir accepté d'évaluer notre travail.*

*Nous exprimons notre reconnaissance au personnel du **département de Génie Chimique**, tous les profs, les ingénieurs du laboratoire et la secrétaire, pour leur soutien et les facilités accordées.*

Un immense merci à nos parents, source constante d'inspiration, qui nous ont offert les meilleures conditions pour mener à bien ce projet.

Enfin, nous adressons nos sincères remerciements à toutes les personnes ayant contribué, de près ou de loin, au succès de ce travail.

Dédicaces

À mes deux êtres chers, **mon Père** et **ma Mère**,
pour votre amour inconditionnel, votre soutien indéfectible,
et vos prières silencieuses qui m'ont porté(e) dans chaque étape de ce parcours.
Vous êtes la source de toute force, le fondement de mes choix,
et l'inspiration derrière chaque ligne de ce mémoire.
Que Dieu vous bénisse et vous préserve longtemps pour moi.

À mes frères et sœurs,
Amel, Hamza, Nour elhouda et **Bilal**,
pour votre présence constante, vos encouragements sans faille,
et ces moments partagés, simples mais précieux.
Merci d'avoir été là, même à distance,
et d'avoir rendu mon quotidien plus léger.

À mes trois petites merveilles,
mes nièces adorées : **Rahaf, Razan** et **Loujain**,
votre innocence, vos sourires et votre joie de vivre
m'ont redonné du courage quand le chemin était dur.
Puissiez-vous grandir dans un monde meilleur grâce à nos efforts.

À mon binôme et ami fidèle, **Abbad Abderraouf**,
pour son sérieux, sa rigueur scientifique,
et surtout pour cette complicité sincère qui a rendu ce travail possible.
Ce mémoire est aussi le vôtre.

Enfin, à tous ceux qui ont cru en moi :
Aymen, Newfel, Loukman, Lamine, Fawzi, George,
ainsi qu'à tous mes proches.
qui m'ont soutenu dans l'ombre ou au grand jour.
Que ce mémoire soit une humble reconnaissance
de tout ce que vous avez fait pour moi.

Boulmis Abdennour

Dédicaces

Ce travail est dédié à toutes les personnes qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours universitaire.

Tout d'abord, à ma famille.

À mon père et à ma mère, vos prières, votre amour et votre soutien inconditionnel m'ont permis d'accomplir tout ce que j'ai fait.

*À ma sœur **Awatef** et à mon frère **Djamel**, vous avez toujours été mes premiers supporters, ma source d'énergie pour avancer.*

*À mes frères **Amir**, **Zouhir**, **Samir**, **Fouad** et **Nizar**, et ma sœur **Khawla**, votre présence est un véritable moteur de joie et de force pour moi.*

*À mes amis de toujours : **Walid**, **Abdou**, **Oussama**, **Mohammed** et **Lakhder**, vous êtes bien plus que des amis, vous êtes mes frères, une véritable partie de ma famille.*

*À mes camarades et amis : **Touati**, **Kodous**, **Salim**, **Riyad**, **Amine** et **Imad**, merci pour tous les moments, qu'ils aient été durs ou joyeux, que nous avons partagés durant ces cinq années.*

*À **Vniverse**, pour les belles rencontres qui marquent les esprits, les longues nuits, les rires partagés et les moments d'étrangeté. Merci **Ascem**; **V-04**;*

*À ma deuxième famille, le **Vision and Innovation Club** :
Merci au membres du **département IT 2023**, au **comité du VIC 2023**, à l'équipe du **département communication 2024**, et à toutes les personnes avec qui j'ai eu le plaisir de travailler. Votre engagement et votre énergie m'ont profondément inspiré.*

*À mes amis du département : **Ibrahim**, **Fares**, **Salim** et **Rayen**, merci pour tous ces moments d'études, de jeux, de rires, et de complicité que nous avons vécus ensemble.*

*Enfin, à mon binôme, mon ami et mon frère **Abdennour**, merci pour ton soutien constant, ta présence dans les moments difficiles et ton encouragement indéfectible. Tu as toujours été là quand j'en avais besoin. Merci du fond du cœur.*

Abbad Abderraouf

Table des matières

Liste des tableaux

Table des figures

Liste des abréviations

Liste des symboles

Introduction générale 14

I Synthèse bibliographique 16

1 Généralités sur les colorants 17

1.1 Introduction 18

1.2 Définition 18

1.3 Classification des colorants 19

1.4 Toxicité des colorants 24

1.5 Impact des colorants sur l'environnement 25

1.6 Procédés de traitement des colorants 25

2 Généralités sur l'adsorption 29

2.1 Historique 30

2.2 Définition 30

2.3 Types d'adsorption 31

2.4 Adsorbant 32

2.5 Facteurs influençant l'adsorption 35

2.6 Mécanisme d'adsorption 37

2.7 Isotherme d'adsorption 38

2.8	Modélisation des isothermes d'adsorption	41
2.9	Cinétique d'adsorption	44
2.10	Paramètres et indices statistiques des isothermes et cinétiques	46
2.11	Étude thermodynamique de l'adsorption	47
2.12	Application de l'adsorption	48
3	La diatomite	49
3.1	Introduction	50
3.2	Historique	50
3.3	Définition	50
3.4	Propriétés de la diatomite	50
3.5	Structure de la diatomite	51
3.6	Surface de la diatomite	51
3.7	Les principaux gisements de la diatomite en Algérie	52
3.8	Utilisation de la diatomite	54
II	Étude expérimentale	55
4	Matériaux et méthodes expérimentales	56
4.1	Introduction	57
4.2	Matériels utilisés	57
4.3	Caractérisation de la diatomite brute utilisée	58
4.4	La Fuchsine	65
5	Résultats expérimentaux et discussion	68
5.1	Introduction	69
5.2	Adsorption de la Fuchsine sur la diatomite algérienne	69
5.3	Régénération de la diatomite utilisée	76
III	Optimisation et modélisation	79
6	Modélisation des paramètres d'adsorption par plan d'expériences	80
6.1	Introduction	81
6.2	Plan d'expériences	81

6.3	Modélisation du rendement d'adsorption	88
6.4	Analyse statistique	90
6.5	Surfaces de réponse	94
6.6	Résultats de l'Optimisation	96
7	Modélisation des paramètres d'adsorption avec les réseaux neurones artificiels	97
7.1	Introduction	98
7.2	Définition	98
7.3	Domaines d'applications des réseaux de neurones	98
7.4	Modélisation des paramètres d'adsorption	99
7.5	Création du modèle	100
7.6	Validation du modèle par la validation croisée	102
7.7	Visualisation	103
7.8	Conclusion	104
	Conclusion générale	105
	Bibliographie	106

Confidentiel