

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE SALAH BOUBNIDER, CONSTANTINE 03

FACULTE DE GENIE DES PROCEDES

DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES DE L'ENVIRONNEMENT

N° d'ordre :.....

Série :.....

Mémoire

PRESENTE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

EN GENIE DES PROCEDES

OPTION : GENIE DES PROCEDES DE L'ENVIRONNEMENT

Élimination du Bleu de Méthylène par adsorption sur les Coquilles de noix

Présenté par :

LEMOUEDDA Saddek

MADOUI Imene

Dirigé par :

Meriem ZAMOUCHE

MCB

Session : Juillet

2018-2019

Table des matières

| | |
|--|-----------|
| Introduction Générale ----- | 1 |
| Chapitre I : Etude bibliographique | |
| I.1. Introduction ----- | 4 |
| I.2. Généralités sur les colorants ----- | 4 |
| I.2.1. Définition et structure ----- | 4 |
| I.3. Classification des colorants ----- | 5 |
| I.3.1. Classification chimique ----- | 5 |
| I.3.2. Classification tinctoriale ----- | 5 |
| I.4. Utilisation des colorants ----- | 7 |
| I.5. Impacts environnementaux des colorants ----- | 7 |
| I.5.1. Dangers à courts termes ----- | 7 |
| I.5.1.1. Eutrophisation ----- | 7 |
| I.5.1.2. Sous – oxygénation ----- | 7 |
| I.5.1.3. Couleur, turbidité, odeur ----- | 7 |
| I.5.2. Dangers à longs termes----- | 8 |
| I.5.2.1. Persistance ----- | 8 |
| I.5.2.2. Bio – accumulation ----- | 8 |
| I.5.2.3. Cancer ----- | 8 |
| I.6. Normes et réglementation ----- | 8 |
| I.7. Bleu de méthylène ----- | 9 |
| I.7.1. Définition ----- | 9 |
| I.7.2. Utilisation du bleu de méthylène----- | 10 |
| I.7.3. Toxicité du bleu de méthylène ----- | 10 |
| I.8. Procédés d'élimination des colorants ----- | 11 |
| I.8.1. Procédés chimiques ----- | 11 |
| I.8.2. Procédés physiques ----- | 11 |
| I.8.3. Procédés biologiques ----- | 11 |
| I.9. Adsorption ----- | 11 |
| I.9.1. Définition et description général de l'adsorption ----- | 11 |
| I.9.2. Type d'adsorption----- | 12 |
| I.9.2.1. Physisorption ----- | 12 |
| I.9.2.2. Chimisorption ----- | 12 |

| | |
|--|-----------|
| I.9.3. Mécanisme d'adsorption ----- | 12 |
| I.9.4. Facteurs influençant l'adsorption ----- | 13 |
| I.9.4.1. Nature de l'adsorbant----- | 13 |
| I.9.4.2. Nature de l'adsorbat ----- | 14 |
| I.9.4.3. Polarité ----- | 14 |
| I.9.4.4. pH----- | 14 |
| I.9.4.5. Température ----- | 14 |
| I.9.4.6. Vitesse d'agitation ----- | 15 |
| I.9.5. Exemples d'applications industrielles de l'adsorption ----- | 15 |
| I.10. Adsorbants ----- | 15 |
| I.11. Critères de choix d'adsorbants industriels ----- | 16 |
| I.12. Isothermes d'adsorption ----- | 16 |
| I.12.1. Classification des isothermes d'adsorption ----- | 17 |
| I.12.1.1. Isothermes de type C « partition constante » ----- | 17 |
| I.12.1.2. Isothermes de type L « Langmuir » ----- | 17 |
| I.12.1.3. Isothermes de type H « haute affinité » ----- | 17 |
| I.12.1.4. Isothermes de type S « sigmoïde » ----- | 17 |
| I.13. Modèles d'isothermes d'adsorption----- | 18 |
| I.13.1. Isotherme de Langmuir ----- | 18 |
| I.13.2. Isotherme de Freundlich ----- | 20 |
| I.13.3. Isotherme de Temkin----- | 20 |
| I.13.4. Isotherme de Dubinin et Radushkevich----- | 21 |
| I.13.5. Isotherme de Kiselev ----- | 22 |
| I.13.6. Isotherme de Fowler-Guggenheim ----- | 22 |
| I.14. Modèles de la cinétique d'adsorption----- | 23 |
| I.14.1. Modèle de pseudo-premier ordre ----- | 23 |
| I.14.2. Modèle de pseudo-second ordre ----- | 24 |
| I.14.3. Modèle d'Elovich----- | 24 |
| I.14.4. Modèle de Boyd ----- | 25 |
| I.14.5. Modèle d'intraparticulaire (Weber et Morris) ----- | 25 |
| I.15. Synthèse de quelques travaux ----- | 26 |
| I.16. Conclusion ----- | 28 |
| Chapitre II : Partie expérimentale | |
| II.1. Introduction----- | 29 |

| | |
|---|-----------|
| II.2. Coquilles de noix | 29 |
| II.3. Préparation de l'adsorbant | 30 |
| II.3.1. Broyage..... | 30 |
| II.3.2. Tamisage | 30 |
| II.4. Caractérisation des coquilles de noix | 31 |
| II.4.1. Estimation de la capacité d'adsorption des CN par l'indice de Bleu de Méthylène et l'indice d'iode..... | 32 |
| II.4.1.a. Détermination de l'indice du Bleu de Méthylène..... | 32 |
| II.4.1.b. Détermination de l'indice d'iode..... | 33 |
| II.4.2. Détermination du point de charge zéro pH_{PZC} | 35 |
| II.4.3. Détermination des fonctions de surface par la méthode de Boehm - | 36 |
| II.4.4. Analyse par spectroscopie infrarouge | 38 |
| II.4.4.1. Principe..... | 38 |
| II.5. Matériels et produits | 41 |
| II.5.1. Matériels..... | 41 |
| II.5.2. Produits..... | 41 |
| II.6. Méthodologie expérimentale | 42 |
| II.6.1. Préparation des solutions..... | 42 |
| II.6.2. Processus d'adsorption | 42 |
| II.6.3. Cinétique d'adsorption de bleu de méthylène | 43 |
| II.6.4. Calcul de la quantité adsorbée..... | 44 |
| II.6.5. Calcul du pourcentage d'élimination | 44 |
| II.7. Méthode d'analyse | 44 |
| II.7.1. Spectrophotomètre UV visible | 44 |
| II.7.1.1. Loi de Beer-Lambert | 45 |
| II.7.1.2. Détermination de la longueur d'onde maximale | 45 |
| II.7.1.3. Courbe d'étalonnage | 46 |
| II.8. Conclusion | 47 |
| Chapitre III : Résultats et discussion | |
| III.1. Introduction | 48 |
| III.2. Effet des paramètres opératoires | 48 |
| III.2.1. Effet de la masse et temps de contact | 48 |
| III.2.2. Effet de la concentration | 50 |
| III.2.3. Effet de la température | 52 |
| III.2.4. Effet de la vitesse d'agitation..... | 54 |

| | |
|---|-----------|
| III.2.5. Effet du pH----- | 56 |
| III.2.6. Effet des sels----- | 59 |
| III.3. Conclusion ----- | 61 |
| Chapitre IV : Modélisation des isothermes et cinétiques d’adsorption | |
| IV.1. Introduction----- | 63 |
| IV.2. Isothermes d’adsorption----- | 63 |
| VI.2.1. Isotherme de Langmuir ----- | 64 |
| IV.2.2. Isotherme de Freundlich ----- | 68 |
| IV.2.3. Isotherme de Temkin ----- | 70 |
| IV.2.4. Isotherme de Dubinin et Radushkevich ----- | 71 |
| IV.2.5. Isotherme de Kiselev ----- | 73 |
| IV.2.6. Isotherme de Fowler–Guggenheim ----- | 74 |
| IV.3. Modèles cinétiques d’adsorption----- | 75 |
| IV.3.1. Modèles de pseudo-premier, pseudo-second ordre et Elovich ----- | 75 |
| IV.3.2. Modèles de Boyd et Weber et Morris ----- | 78 |
| IV.4. Paramètres thermodynamique ----- | 80 |
| IV.5. Conclusion----- | 82 |
| Conclusion générale ----- | 83 |
| Référence bibliographique | |
| Annexe | |

Résumé

L'objectif de ce travail est d'étudier l'élimination de solution aqueuses d'un colorant cationique, le Bleu de Méthylène (BM) sur un sous-produit, les Coquilles de Noix (CN), un adsorbant naturel disponible et à faible coût. La caractérisation physicochimique des coquilles de noix par différentes analyses montre que l'indice d'iode est du même ordre de grandeur que l'indice de bleu de méthylène ($165.1 \text{ mg/g} \approx 141,03 \text{ mg/g}$), le titrage de Boehm révèle que la surface des CN comprend des fonctions acides et basiques à des concentrations presque identiques, le pH de point de charge zéro est égal 5. L'influence de différents paramètres expérimentaux sur l'adsorption du BM par les CN a montré que la quantité de BM adsorbée par unité de masse des CN diminue quand la masse d'adsorbant augmente, par contre elle augmente avec l'augmentation de la concentration initiale du BM. La température de la solution optimale était 20°C . La capacité d'adsorption des CN est faible à pH très acides et le retrait maximal de BM (95.10 %) a été mesuré à pH sans modification qui égale à 6. La présence du sel (KCl) en solution favorise l'adsorption du BM par les CN.

La modélisation des isothermes d'adsorption du BM par les CN montre que les isothermes d'adsorption obtenues sont du type L (Langmuir), indiquant une affinité élevée entre l'adsorbant et l'adsorbat. La modélisation des données d'équilibre d'isothermes d'adsorption par les deux équations de Langmuir et Freundlich nous a indiqué que le modèle de Langmuir est plus adapté aux données d'équilibres que celui de Freundlich avec une capacité maximale d'adsorption de la monocouche de l'ordre de $99,1 \text{ mg/g}$. Tandis que le modèle de Temkin nous a montré que le processus élémentaire d'adsorption est exothermique. Les isothermes de D-R et Fowler-Guggenheim ne peuvent pas modéliser les données d'équilibre d'adsorption du BM par les CN. Alors que l'isotherme de Kiselev nous informe qu'il y a eu formation de complexe entre les molécules adsorbées.

La modélisation de la cinétique d'adsorption du BM sur les CN par les équations d'Elovich, pseudo-premier et pseudo-second ordre montre que la cinétique d'adsorption est de pseudo-second ordre. L'application du modèle de Boyd et Webber et Morris nous a permis de conclure que les deux diffusions intraparticulaire et extraparticulaire contrôlent le processus d'adsorption du BM par les CN.

L'étude thermodynamique nous a montré que l'adsorption du BM par les CN est une adsorption physique, exothermique et spontanée.

Mots clés : Adsorption, Bleu de Méthylène, Coquilles de Noix, Isotherme, Cinétique.