

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR  
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITE CONSTANTINE 3**



**FACULTE GENIE DES PROCÉDES  
DEPARTEMENT GENIE CHIMIQUE**

N° d'ordre : .....

Série : .....

**Mémoire de Master**

Filière : Génie des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

Intitulé

**Étude expérimentale de l'effet de la magnétisation sur les  
capacités d'adsorption d'une bentonite Algérienne :**

Application à l'élimination de deux colorants de l'eau

Dirigé par :

**Dr. BOUSBA Salim**

Présenté par :

**BOULSANE Hala**

**BOUZIANE Mahbouba**

**AyaBELEZERG Raounak**

Année Universitaire 2022/2023.

Session : Juin

## Sommaire

Dédicaces .....	
Remerciements .....	
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	
<b>Chapitre I: Recherche bibliographique.....</b>	
Introduction.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1. La bentonite .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1. Définition .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2. Origine de la bentonite :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.3. Structure de la bentonite :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4. Types de bentonites : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4.1. Bentonites naturelles :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4.2. Les bentonites sodiques : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4.3. Les bentonites calciques :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.4.4. Bentonites activées : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.5. Fonctions de bentonite : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.6. Propriétés de la bentonite :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.6.1. l'hydratation interne ou gonflement :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.6.2. Cations échangeables et adsorption :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.7. Les principales applications de la bentonite sont : ..	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.8. Les avantages de la bentonite :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.9. Bentonite de Maghnia .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2. La bentonite magnétique .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3. Les colorants :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1. Introduction .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2. Définition .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3. Classification des colorants.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4. Utilisation et application des colorants .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5. Toxicologie des pigments synthétiques .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4. Elimination des colorants par adsorption :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1. La Rhodamine B :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1. Définition .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.2. Utilisation de la Rhodamine B : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.3. Toxicité du Rh.B :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.4. Mécanisme d'adsorption du Rh.B .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2. Vert de Malachite .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.1. Définition .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.2. Caractéristiques de vert de malachite .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.3. Utilisation .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.4. Toxicologie.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.2.5. Mécanisme d'adsorption du V.M.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Références du chapitre 1 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

<b>Chapitre II: Matériels et méthodes.....</b>	
Introduction .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1. Adsorbants et Adsorbats .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1. Adsorbats.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1.1. Caractéristiques de Rhodamine B :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.1.2. Caractéristiques de Vert de malachite : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1.2. Adsorbants :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2. Les produits chimiques utilisés.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1. Caractéristiques physico- chimiques des produits utilisés	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3. Matériels et appareillages.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.1. Matériels.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2. L'appareillage.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4. Analyse spectroscopique UV/Visible .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1. Préparation des adsorbats :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
4.1.1. Etablissement des courbes d'étalonnage :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
5. Protocoles de préparations des adsorbants : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6. Méthode de caractérisation de la bentonite :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.1. Mesure de l'indice de gonflement : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.2. Mesure du pH :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
6.3. Mesure du point de charge nulle (pHpzc) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7. Adsorption des colorants :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.1. Détermination de la masse optimale :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.2. Influence de la concentration : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.3. Effet du pH :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.4. Effet de la température :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.5. Détermination du temps d'équilibre d'adsorption :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.6. Effet de l'ajout des sels sur la capacité d'adsorption :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
7.7. Régénération chimique de l'adsorbant par l'éthanol :.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Références de chapitre 2 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

## **Chapitre III: Résultats et discussions .....**

Introduction .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
1. Confirmation de l'effet magnétique des adsorbants .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2. Analyse globale .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.1. Mesure du point de charge nulle (pHpzc) .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.2. Mesure de l'indice de gonflement : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.3. Mesure du pH .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.4. Caractérisation des adsorbants par FT-IR : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3. Teste d'adsorption de Vert de malachite et la Rhodamine B .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>defined.</b>	
3.1. Détermination de la dose optimale .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.2. Effet de la concentration initiale .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.3. Effet de pH .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.4. Effet de la température .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5. Etude des isothermes d'adsorption .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5.1. Isotherme de Langmuir .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.5.2. L'isotherme d'adsorption de Freundlich .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6. Etude de la cinétique de l'adsorption .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.1. Modèle de la cinétique du pseudo 1 <sup>er</sup> ordre : modèle de Lagergren	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.6.2. Modèle de la cinétique du 2 <sup>ème</sup> ordre : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.7. Effet de NaCl, AlCl <sub>3</sub> et KCl sur la capacité de l'adsorption	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
3.8. Régénération d'adsorbant : .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Références du chapitre 3 .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
ملخص .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
Annexes .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>

تركز هذه الدراسة على إعداد مادة ماصة مغناطيسية مبتكرة (M-BT) واستخدامه لإزالة ملونين، هما (V.M) le vert malachite و le Rhodamine B (Rh.B)، من الماء. تم تحضير M-BT عن طريق الترسيب المشترك لـ  $Fe_3^{+}$  /  $Fe_2^{+}$  أيونات الحديد في وسط أساسي في وجود هيدروكسيد الصوديوم (NaOH). تمت دراسة امتزاز الصباغين كدالة لعدة عوامل تشغيل مثل وقت التلامس، جرعة الممتز، الرقم الهيدروجيني، التركيز الأولي، درجة الحرارة ووجود الأملاح. تم استخدام تحليل فورييه لتحويل الأشعة تحت الحمراء (FT-IR) لتحديد وتقييم المجموعات الوظيفية لـ M-BT المعدة. بالنسبة لـ Rh.B، كانت عملية الامتزاز تتلاءم بشكل أفضل مع نموذج الدرجة الثانية الزائفة ومعادلة Langmuir's isotherm. بينما بالنسبة لـ V.M كان الملاءمة أفضل مع نموذج الدرجة الثانية الزائفة ومعادلة Langmuir's isotherm. تعتبر اختبارات التجديد الكيميائي لـ M-BT مرضية، مما يسمح بإعادة استخدامها لما يصل إلى خمس دورات.

**الكلمات المفتاحية:** مادة ماصة، مغناطيسية، امتصاص، صبغات، ماء.

## Résumé

Cette étude porte sur la production efficace de la bentonite magnétique (M-BT) et son utilisation pour l'élimination de deux colorants, le vert malachite (V.M) et le Rhodamine B (RhB), de l'eau. La M-BT a été préparée par coprécipitation des ions ferriques  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$  en milieu basique en présence d'hydroxyde de sodium (NaOH). L'adsorption des deux colorants a été étudiée en fonction de plusieurs paramètres opératoires tels que le temps de contact, la dose d'adsorbant, le pH, la concentration initiale, la température et la présence de sels. L'analyse par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FT-IR) a permis d'identifier et d'évaluer les groupes fonctionnels de la M-BT préparée. Pour le Rh.B, le processus d'adsorption correspondait mieux au modèle de pseudo-second ordre et à l'équation d'isotherme de Freundlich, tandis que pour V.M, l'ajustement était meilleur avec le modèle de pseudo-second ordre et l'équation d'isotherme de Langmuir. Les tests de régénération chimique de la M-BT sont satisfaisants, permettant sa réutilisation jusqu'à cinq cycles.

**Mots clés :** bentonite, magnétique, adsorption, colorants, eau.

## Abstract

This study focuses on the efficient production of magnetic bentonite (M-BT) and its use for the removal of two dyes, malachite green (V.M) and Rhodamine B (Rh.B), from water. M-BT was prepared by coprecipitation of  $Fe_2^{+}/Fe_3^{+}$  ferric ions in a basic medium in the presence of sodium hydroxide (NaOH). The adsorption of the two dyes was studied as a function of several operating parameters such as the contact time, the adsorbent dose, the pH, the initial concentration, the temperature and the presence of salts. Fourier Transform Infrared (FT-IR) spectroscopy analysis was used to identify and evaluate the functional groups of the prepared M-BT. For Rh.B, the adsorption process fitted better with the pseudo-second-order model and Freundlich's isotherm equation, while for V.M the fit was better with the pseudo-second-order model and Langmuir's isotherm equation. The chemical regeneration tests of the M-BT are satisfactory, allowing its reuse for up to five cycles.

**Key words:** bentonite, magnetic, adsorption, dyes, water.