

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عمّار ثليجي بالأغواط
UNIVERSITE AMAR TELIDJI LAGHOUAT
كلية العلوم
FACULTE DES SCIENCES
قسم علوم المادة
DEPARTEMENT Sciences de la Matière



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Matière

Filière : Chimie

Option : Chimie Inorganique

Par :

Mlle. ABDELMALEK Amira

Mlle. GRINE Selma

THEME

Effet de certains paramètres physico-chimiques sur la rétention d'un colorant cationique

Soutenu publiquement devant le jury composé de :

Mr. BOUCHENAF A Mohamed

MCB

Président

Mme. AMI Yasmina

MAA

Examinatrice

Mlle. BATANA Fatima Zohra

MAA

Promotrice

Année Universitaire 2019/2020

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu Dieu le tout puissant de nous avoir donné le souffle et l'aptitude pour mener à terme ce travail.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre enseignante Mlle. **BATANA Fatima Zohra** qui nous a encadré et orienté, nous la remercions pour tous ses conseils et son aide à progresser dans nos recherches grâce à son esprit critique et son soutien tout le long de la réalisation de ce modeste travail.

Nous tenons à remercier aussi les membres de jury, Mr. **BOUCHENAFI Mohamed** et Mme. **AMI Yasmina** d'avoir accepté d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous remercions également le chef du département Mr. **HAMDI Ahmed** et tous les enseignants du département Sciences de la Matière pour tout ce qu'ils ont fourni, de près ou de loin, des études ou des conseils.

Grand merci aux membres du laboratoire **BENMOULAI Sarah, FIDJEL Brahim, BOUZIDI Hocine** pour leurs soutiens et leurs encouragements.

Sans oublier les membres de l'administration, secrétariat et tous les gens qui ont participé de près ou de loin pour réussir ce travail.

Liste des abréviations

A : Absorbance.

BM : Bleu de méthylène.

CA : Charbon actif.

CAP : Charbon actif en poudre.

C₀ : Concentration initiale du soluté (mg. L⁻¹).

C_e : Concentration résiduelle du soluté à l'équilibre (mg. L⁻¹).

C_t : Concentration résiduelle du soluté à l'instant t (mg. L⁻¹).

d : Densité apparente.

%H : Taux d'humidité.

IG : Indice de gonflement.

K₁ : Constante de vitesse du modèle cinétique du pseudo-premier ordre (min⁻¹).

K₂ : Constante de vitesse du modèle cinétique du pseudo-second ordre (mg. g⁻¹. min⁻¹).

m : Masse de l'adsorbant (g).

PPO : Pseudo-premier-ordre.

PSO : Pseudo-second-ordre.

q_e : Quantité d'adsorbât à l'équilibre, par gramme d'adsorbant (mg. g⁻¹).

q_{e calc} : Capacité d'adsorption à l'équilibre calculée (mg. g⁻¹).

q_{e exp} : Capacité d'adsorption à l'équilibre expérimentale (mg. g⁻¹).

q_t : Quantité adsorbée au temps t (mg. g⁻¹).

R% : Rendement d'élimination de BM.

R² : Coefficient de corrélation des régressions linéaires.

T : Température (K).

UV : Ultra-violet.

V : Volume de la solution (L).

V_g : Volume de gonflement.

ε : Coefficient d'extinction spécifique du soluté (chromophore).

Liste des figures

Figure I.1 : Mécanisme d'adsorption sur CA.....	9
Figure II.1: Schéma descriptif de la cinétique d'adsorption en réacteur discontinu.....	13
Figure II.2: Spectre UV relatif au pic du BM.....	14
Figure II.3: Représentation graphique de la courbe d'étalonnage de BM ($\lambda=665$ nm)...	15
Figure II.4: Cinétique d'adsorption de BM sur CA à différents masses ($C_0 = 10$ mg. L^{-1} , $v = 250$ tr. min^{-1} , $T = 20 \pm 2^\circ C$)	18
Figure II.5: Cinétique d'adsorption de BM sur CA à différents pH ($C_0 = 10$ mg. L^{-1} , v $= 250$ tr. min^{-1} , $T = 20 \pm 2^\circ C$)	21
Figure II.6: Modèle de PPO à différentes masses	23
Figure II.7: Modèle de PPO à différents pH	24
Figure II.8: Modèle de PSO à différentes masses	26
Figure II.9: Modèle de PSO à différents pH	27

Liste des tableaux

Tableau I.1: Principaux groupements chromophores et auxochromes.....	3
Tableau I.2: Classification des colorants.....	4
Tableau I.3: Propriétés physico-chimiques et structurales du BM.....	5
Tableau I.4: Différences entre physisorption et chimisorption.....	8
Tableau II.1: Matériels et produits utilisés.....	12
Tableau II.2: Quelques caractéristiques du CAP F400.....	12
Tableau II.3: Caractéristiques de la régression linéaire de BM.....	15
Tableau II.4: Différentes caractéristiques obtenues pour le charbon actif utilisé.....	17
Tableau II.5: Comparaison des rendements de rétention à différentes masses	20
Tableau II.6: Comparaison des rendements de rétention à différents pH.....	22
Tableau II.7: Valeurs des constantes et des coefficients de corrélation du pseudo premier-ordre.....	25
Tableau II.8: Valeurs des constantes et des coefficients de corrélation du pseudo second-ordre.....	28

Sommaire

Introduction générale	1
I. Partie bibliographique	
I.1. Colorants	3
I.1.1. Historique.....	3
I.1.2. Définition	3
I.1.3. Classification des colorants	3
I.1.4. Utilisations et applications des colorants.....	4
I.1.5. Toxicité des colorants.....	4
I.1.6. Bleu de méthylène.....	5
I.2. Adsorbants.....	6
I.2.1. Charbon actif.....	6
I.2.2. Historique.....	6
I.2.3. Définition.....	6
I.2.4. Procédés de fabrication	6
I.2.5. Propriétés physicochimiques	7
I.2.6. Utilisations.....	7
I.3. Adsorption.....	7
I.3.1. Définition.....	7
I.3.2. Types d'adsorption.....	8
I.3.3. Mécanisme d'adsorption.....	8
I.3.4. Facteurs influençant l'adsorption.....	9
I.3.5. Cinétique d'adsorption.....	10
II. Partie expérimentale	
II.1. Matériels et produits.....	12
II.2. Préparation du charbon actif	12
II.3. Protocole de la cinétique d'adsorption.....	13
II.4. Analyse par Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible.....	14
II.5. Etablissement de la courbe d'étalonnage.....	15
II.6. Caractérisation du charbon actif utilisé.....	16
II.7. Cinétique d'adsorption	17

II.7.1 Cinétique d'adsorption en fonction de la masse de l'adsorbat.....	17
II.7.2 Cinétique d'adsorption en fonction de pH.....	20
II.8. Modèles cinétiques.....	22
II.8.1. Modèle cinétique du pseudo premier ordre.....	23
II.8.2. Modèle cinétique du pseudo second ordre.....	25
Conclusion générale.....	29
Références bibliographiques	

Introduction générale

Dans la vie quotidienne les colorants sont omniprésents, ce sont des composés chimiques organiques qui peuvent être naturels ou de synthèse, ils se fixent à une matière durablement afin de la faire changer de couleur. Ces colorants sont des substances toxiques et persistantes dans l'environnement et même pour les organismes vivants.

Le bleu de méthylène est parmi les colorants les plus couramment utilisés dans la teinture du coton, du bois et de la soie. Il peut provoquer des brûlures oculaires responsables de blessures permanentes aux yeux de l'homme et des animaux ; son inhalation peut donner lieu à des difficultés respiratoires et son ingestion par la bouche produit une sensation de brûlure, provoque des nausées, des vomissements, transpiration et sueurs froides abondantes [1].

Le traitement des rejets industriels contenant ce type de colorant s'avère d'un grand intérêt. Parmi les nombreuses techniques d'élimination de colorant, la technique de l'adsorption est la méthode la plus favorable et est devenue une méthode analytique de choix, très efficace et simple dans son utilisation [2].

Le principe du traitement par adsorption est de piéger les colorants par un matériau solide appelé adsorbant.

Notre étude expérimentale portera sur des solutions synthétiques de bleu de méthylène, dissous dans l'eau distillée.

L'influence de divers paramètres réactionnels sera prise en compte tels que la masse d'adsorbant, le pH et le temps de réaction. Les essais devront aboutir à des études cinétiques d'adsorption conduisant aux valeurs des capacités d'adsorption du charbon actif.

Ce travail est présenté sous forme de deux parties :

La première comporte :

- ❖ Une synthèse bibliographique qui en globe des généralités sur charbon actif.
- ❖ Rappel sur les colorants et plus précisément le bleu de méthylène et ses caractéristiques.
- ❖ Rappels sur l'adsorption, les modèles cinétiques du pseudo premier ordre et de deuxième ordre.

Le deuxième chapitre comporte :

- ❖ L'exploitation des matériels et des produits.
- ❖ L'exploitation du protocole expérimental.
- ❖ Les résultats expérimentaux et leurs discussions.

Et on termine par une conclusion.

I.1. Colorants

Dans cette partie, nous définissons les colorants, nous présentons aussi leur historique, leurs classifications, leurs applications et leurs toxicités.

I.1.1. Historique

L'évolution de l'industrie des colorants a été étroitement liée à la découverte de la mauvéine en 1856 et de la fuchsine en 1858; aujourd'hui il y a plus de 10 000 colorants, ce nombre important a nécessité l'établissement d'un système de classification qui décrit les caractéristiques essentielles de chaque colorant telles que : la formule chimique, la couleur et la nuance, la résistance aux solvants, à la chaleur et aux différents agents chimiques, ainsi que des principaux domaines d'utilisation [3].

I.1.2. Définition

Les matières colorantes sont un assemblage de groupes chromophores, auxochromes et de structures aromatiques conjuguées (cycles benzéniques, anthracène, perylène, etc...). Ces groupements sont capables de transformer la lumière blanche dans le spectre visible (de 380 nm à 750 nm) en lumière colorée. Le tableau I.1 représente les groupes chromophores et auxochromes.

Tableau I.1: Principaux groupes chromophores et auxochromes [3].

Groupes chromophores	Groupes auxochromes
Vinyle (-C=C-)	Hydroxyle (-OH)
Carbonyle (>C=O)	Chloro (Cl)
Méthine (-CH= ou -CR=)	Iodo (I)
Azo (-N=N-)	Bromo (Br)
Nitroso (-N=O ou -N-OH)	Amine primaire (amino-NH ₂)
Nitro (-NO ₂ ou =N-OH)	Amine secondaire (méthylamino-NHCH ₃ -)

I.1.3. Classification des colorants

On distingue deux types de classification (tableau I.2) :

- Classification chimique selon la structure chimique du colorant, plus précisément de la nature de son groupe chromophore.
- Classification selon le mode d'utilisation et d'application de la couleur qui dépend à son tour du groupe auxochrome.

Tableau I.2 : Classification des colorants.

Groupes chromophores	Groupes auxochromes
<ul style="list-style-type: none">• Colorants xanthènes.• Colorants anthraquinoniques.• Phtalocyanines.• Colorants indigoïdes.• Colorants nitrés et nitrosés.	<ul style="list-style-type: none">• Colorants à mordants.• Colorants acides ou basiques.• Colorants réactifs.• Colorants directs.• Colorants azoïques insolubles.• Colorants dispersés.

I.1.4. Utilisations et applications des colorants

Les grands domaines d'application des colorants sont les suivants [4] :

- Industrie textile.
- Industrie de matières plastiques (pigments).
- Industrie du bâtiment : peintures (pigments).
- Industrie pharmaceutique (colorants).
- Industrie des cosmétiques.
- Industrie agroalimentaire (colorants alimentaires).
- Imprimerie (encre, papier).

I.1.5. Toxicité des colorants

- **Sur l'environnement**

La qualité de l'eau se dégrade par le déversement des effluents chargés en colorants qui sont souvent toxiques. Cette toxicité est liée principalement à leurs structures complexes et leurs poids moléculaires importants qui leur permettent de résister à la biodégradation, outre leur accumulation.

- **Sur l'homme**

Les colorants absorbés par voie percutanée, par inhalation de poussières et éventuellement par ingestion peuvent avoir des effets sur la santé de l'homme tels que :

- ✓ Irritations cutanées, oculaires, respiratoires et des dommages à la cornée et sa conjonctive.
- ✓ Réactions cutanées allergiques, asthme ou rhinite.
- ✓ Eczéma et des troubles gastriques.

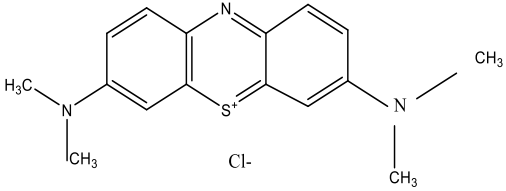
I.1.6. Bleu de méthylène

I.1.6.1. Définition

Le bleu de méthylène est une molécule organique de formule brute $C_{16}H_{18}Cl N_3S$. Il est aussi appelé chlorure de tétra méthyl thionine, il est utilisé généralement comme colorant en textile.

Le tableau suivant résume les différentes caractéristiques du BM.

Tableau I.3: Propriétés physico-chimiques et structurales du BM.

Nom chimique	
Chlorure de tetramethylthionine (Chlorure de 3,7-bis (dimethylamino) phenazathionium)	
Formule brute	$C_{16}H_{18}N_3ClS$
Formule développée	
Point de fusion	180 °C
Pureté (%)	≥85
Masse molaire	319,85 mg. L ⁻¹
Solubilité dans l'eau à 20°C	40 g. L ⁻¹
pKa	3,8
pH	5,9

I.1.6.2. Utilisations

Le bleu de méthylène est utilisé intensivement dans différents domaines tel que : la chimie, la médecine, l'art dentaire et l'industrie des colorants. Il est utilisé comme :

- Colorant vital, il colore certaines structures histologiques.
- Accélérateur de la réduction des méthémoglobines.
- Antiseptique et antirhumatismal.
- Limiteur optique combiné à un polymère, pour la protection des yeux contre les lasers intenses.

I.1.6.3. Toxicité

Le bleu de méthylène peut provoquer :

- Brulures oculaires responsables de blessures permanentes aux yeux de l'homme et des animaux.
- Difficultés respiratoires suite à son inhalation.
- Sensation de brulure provoquant des nausées, des vomissements, transpiration et sueurs froides abondantes suite à son ingestion par la bouche [5].

I.2. Adsorbants

Dans cette partie, nous définissons le charbon actif, ses procédés de fabrication et ses utilisations.

I.2.1. Charbon actif

I.2.2. Historique

Le charbon actif (CA) est un matériau utilisé depuis longtemps, d'abord comme adsorbant et, ultérieurement, comme catalyseur. Un siècle plus tard, les phéniciens furent les précurseurs de son utilisation pour rendre l'eau potable. La première utilisation industrielle du charbon n'est apparue qu'au XVIII^{ème} siècle pour la décoloration des sirops de sucre en Angleterre.

Au début du XX^{ème} siècle, les premiers procédés industriels pour fabriquer des charbons actifs aux propriétés bien définies, ont été développés.

I.2.3. Définition

Le charbon actif est un matériau fabriqué à partir de tout matériau contenant un fort pourcentage de carbone et un faible pourcentage en matière inorganique. Ces matières premières peuvent être le bois, le charbon de bois, la noix de coco, ainsi que des polymères synthétiques ou résidus de procédés pétroliers.

I.2.4. Procédés de fabrication

La matière première est transformée en charbon actif suivant deux étapes :

a. Carbonisation : est la décomposition thermique des matières carbonées, cette étape s'effectue à des températures comprises entre 600°C et 800°C en présence de sels métalliques et sous un courant continu de gaz inerte (absence d'oxygène), elle fournit des matériaux ayant une structure poreuse limitée (surface spécifique d'environ 10 m². g⁻¹) et qui n'ont pas une forte capacité d'adsorption.

b. Activation : consiste à développer la structure poreuse en éliminant les goudrons qui obstruent les pores, et à créer des fonctions de surface (généralement oxydées) qui sont à l'origine des interactions entre le solide et les molécules adsorbées.

I.2.5. Propriétés physicochimiques

La structure du charbon peut être vue comme un assemblage aléatoire de feuillets plans constitués par des poly cycles aromatiques (feuillets de graphite). L'espace libre entre ces feuillets constitue la porosité du charbon.

La structure de CA est caractérisée par son volume poreux, la taille et la forme de ses pores. C'est ce qui est à l'origine de sa surface spécifique. Ces propriétés sont principalement développées lors de l'étape d'activation, il est connu par sa grande surface spécifique, généralement comprise entre $800 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ et $2500 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$.

La taille des pores est une propriété texturale qui confère au charbon ses capacités d'adsorbant de multiples espèces chimiques [6].

I.2.6. Utilisations

Le charbon actif est utilisé dans plusieurs domaines :

- Traitement des eaux résiduaires industrielles.
- Purification industrielle des produits pharmaceutiques, chimiques ou alimentaires.
- Action catalytique en tant que support de catalyseur.

I.3. Adsorption

I.3.1. Définition

L'adsorption est un phénomène de surface qui permet la fixation de molécule à la surface d'un solide et d'extraire un soluté d'un solvant liquide ou gazeux.

L'opération d'adsorption en solution exploite l'aptitude de certains solides à concentrer à leurs surfaces des substances spécifiques. Elle est généralement utilisée pour la rétention des polluants organiques ou inorganiques en phase aqueuse, la décoloration des produits pétroliers et l'élimination des goûts et odeurs désagréables des eaux.

I.3.2. Types d'adsorption

On peut distinguer deux différents types d'adsorption :

- **Physisorption** : est un processus rapide et réversible qui se produit à des températures basses. Les molécules s'adsorbent sur plusieurs couches (multicouches) avec des chaleurs d'adsorption souvent inférieures à 20 Kcal. mol⁻¹. Les interactions entre les molécules du soluté (adsorbat) et la surface du solide (adsorbant) sont assurées par des forces électrostatiques types liaison hydrogène ou Vander-Waals.
- **Chimisorption** : est un phénomène d'adsorption généralement irréversible qui met en jeu une ou plusieurs liaisons chimiques covalentes ou ioniques entre l'adsorbat et l'adsorbant, produisant une modification des molécules adsorbées. Ces dernières ne peuvent pas être accumulées sur plus d'une monocouche. La chaleur d'adsorption est relativement élevée et comprise entre 20 Kcal. mol⁻¹ et 200 Kcal. mol⁻¹.

Le tableau suivant représente les différences qui existent entre la physisorption et la chimisorption.

Tableau I.4: Différences entre physisorption et chimisorption.

	Physisorption	Chimisorption
Type de liaison	Van der Waals (électrostatique)	Ionique ou covalente
Energie de liaison	Faible	Forte
Réversibilité	Facile	Difficile
Type de couche	Poly-moléculaire	Mono-moléculaire
Chaleur d'adsorption (KJ. mol⁻¹)	50	100 à 500

I.3.3. Mécanisme d'adsorption

La fixation d'une espèce sur un solide par adsorption, le transfert de matière de la phase fluide vers les sites actifs de l'adsorbant passe par les étapes suivantes :

1. Diffusion de l'adsorbat à travers la couche limite située autour des particules de l'adsorbant (diffusion externe).

2. Diffusion intra-granulaire de la matière (transfert de la matière dans la structure poreuse de la surface extérieure des graines vers les sites actifs).

3. Fixation de l'adsorbat sur les sites actifs de l'adsorbant. L'évolution de la quantité d'adsorbat fixée par le solide en fonction du temps décrit la cinétique du processus d'adsorption [7].

La figure ci-dessous récapitule les différentes étapes du mécanisme d'adsorption :

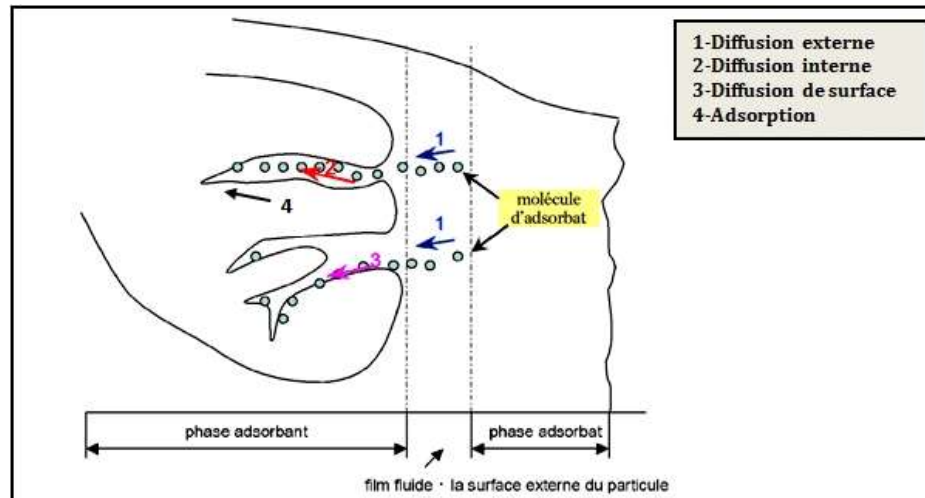


Figure I.1: Mécanisme d'adsorption sur CA [7].

I.3.4. Facteurs influençant l'adsorption

Quand un solide est mis en contact avec une solution, chaque constituant manifeste une tendance à l'adsorption à la surface du solide. Le cas le plus intéressant est celui où l'adsorption du soluté est plus importante que celle du solvant. Donc la quantité adsorbée, dépend de nombreux facteurs :

- **Nature de l'adsorbant** : distribution de la taille des pores, surface spécifique, nature des groupements fonctionnels.
- **Nature de l'adsorbat** : polarité, solubilité, nature des groupements fonctionnels, masse moléculaire, taille des molécules.
- **Conditions opératoires** : concentration initiale, temps de contact, vitesse d'agitation, pH du milieu, température de la solution [8].

I.3.5. Cinétique d'adsorption

Les cinétiques décrivent les vitesses de réactions qui permettent de déterminer le temps de contact mis pour atteindre l'équilibre d'adsorption, cet équilibre est aussi étroitement lié à la concentration initiale de l'adsorbât et le temps de contact.

On peut calculer la quantité adsorbée à l'aide de l'équation suivante :

$$q = \frac{(C_0 - C_e) * V}{m} \dots\dots\dots (1)$$

Où :

C₀: Concentration initiale de l'adsorbât en (mg. L⁻¹)

C_e : Concentration résiduelle de l'adsorbât en (mg. L⁻¹)

V : Volume de la solution (L)

m : Masse de l'adsorbant (g)

Les doses optimales d'adsorbant correspondent alors au rendement d'élimination le plus élevé, ce dernier est défini comme suit :

$$R (\%) = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} * 100 \dots\dots\dots (2)$$

- **Cinétique du pseudo premier ordre**

Elle a été proposée par Lagergren en 1898 [8]. C'est le plus ancien des modèles cinétiques pour l'adsorption dans un système liquide, Son expression est :

$$\frac{dq}{dt} = k_1 (q_e - q_t) \dots\dots\dots (3)$$

Avec :

k₁ : Constante de vitesse du premier ordre (min⁻¹)

q_e : Quantité de colorant adsorbée par unité de masse d'adsorbant à l'équilibre (mg. g⁻¹)

q_t : Quantité de colorant adsorbée par unité de masse d'adsorbant à l'instant t (mg. g⁻¹)

La forme linéarisée de cette équation est donnée comme suit :

$$\ln (q_e - q_t) = -k_1 t + \ln q_e \dots\dots\dots (4)$$

Les valeurs de k_1 et q_e peuvent être calculées en portant graphiquement $\ln (q_e - q_t)$ en fonction de t .

- **Cinétique du second ordre**

La vitesse d'adsorption de pseudo second ordre dépend de la quantité adsorbée à l'équilibre, le modèle du second ordre suit l'équation

$$\frac{dq}{dt} = k_2 (q_e - q_t)^2 \dots\dots\dots (5)$$

Après intégration, la forme linéarisée de cette équation est donnée ci-dessous :

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \dots\dots\dots (6)$$

k_2 : Constante de la vitesse de réaction d'ordre 2 ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$).

II. Partie expérimentale

L'objectif principal de notre travail est d'étudier la cinétique de l'adsorption de bleu de méthylène sur charbon actif et d'effectuer des analyses par spectroscopie UV-visible.

Dans ce chapitre, nous avons décrit les produits et matériels utilisés ainsi que les méthodes suivies lors des procédés expérimentaux :

II.1. Matériels et produits

Les produits et les matériels utilisés sont regroupés dans le tableau suivant.

Tableau II.1 : Matériels et produits utilisés.

Matériels	<ul style="list-style-type: none">• Etuve (Memmert)• Agitateurs magnétiques (OVAN)• Balance (OHAUS)• pH mètre (HANNA instruments)• UV-visible (SP-3000 nano OPTIMA)• Verrerie courante de laboratoire
Produits	<ul style="list-style-type: none">• Bleu de méthylène (DC Panreac)• Charbon actif (CAP F400)• NaOH (97%)• HCl (37%)• Eau distillée

II.2. Préparation du charbon actif

Le charbon actif utilisé (CAP F400) se présente sous forme d'une poudre de granulométrie inférieure ou égale à 50 μm . Ses principales caractéristiques physicochimiques sont rassemblées dans le tableau 2 [9]. Avant chaque utilisation, le charbon subit une déshydratation dans l'étuve à 105°C pendant 24 heures.

Tableau II.2 : Quelques caractéristiques du CAP F400 [9].

Origine	Huile bitumeuse
Activation	Haute température sous O ₂
Surface spécifique (m². g⁻¹)	1050 – 1200
Structure poreuse	Micro

II.3. Protocole de la cinétique d'adsorption

Pour déterminer le temps d'équilibre qui correspond à une adsorption maximale, des solutions filles de concentration initiales égale à 10 mg. L^{-1} , ont été préparées à partir de la solution mère. Les solutions préparées ont été transvasées dans des flacons fermés avec du parafilm et contenant $0,01 \text{ g}$ de charbon actif. Ces derniers sont soumis à une agitation continue assurée par un agitateur magnétique à une vitesse constante de 250 tr. min^{-1} . Après des durées d'agitation variables, les solutions sont filtrées à l'aide du papier filtre et les filtrats sont récupérés et analysés par UV-visible.

La figure II.1 représente un schéma récapitulatif des différentes étapes de la cinétique d'adsorption du bleu de méthylène sur CAP :

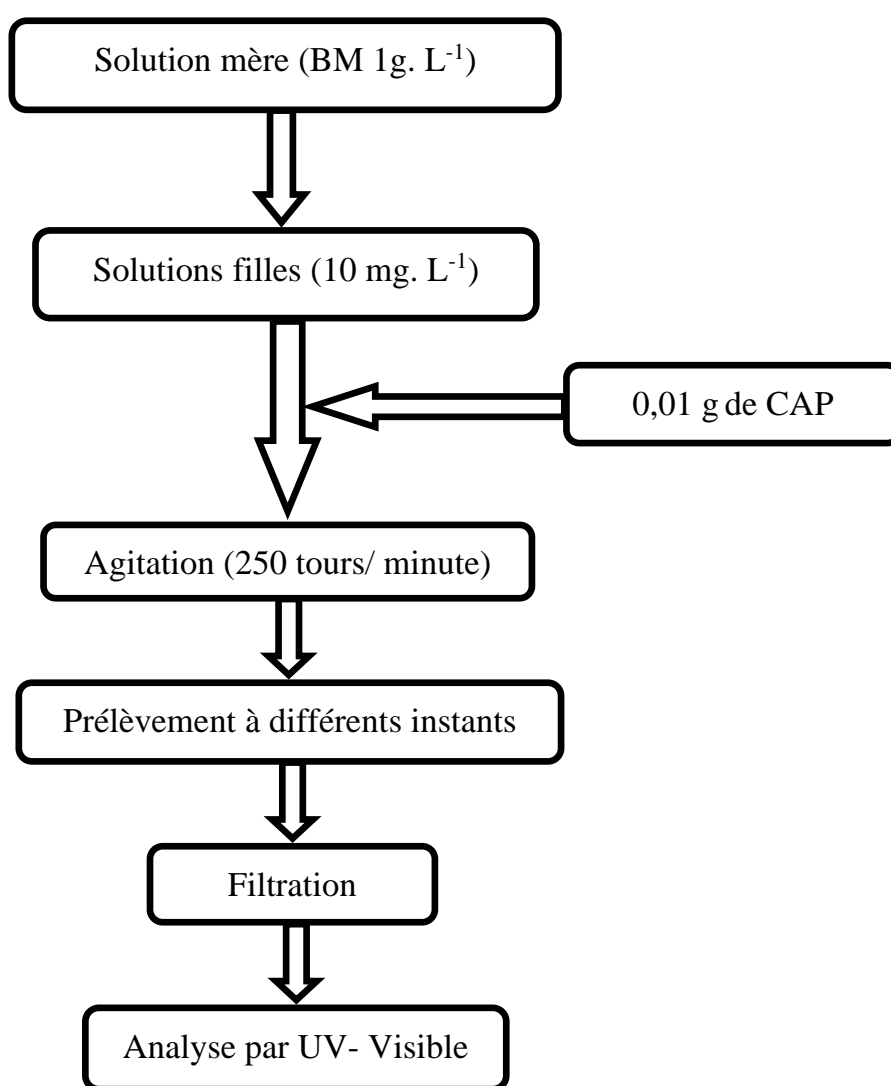


Figure II.1 : Schéma descriptif de la cinétique d'adsorption en réacteur discontinu.

II.4. Analyse par Spectrophotométrie d'absorption UV-Visible

La spectrophotométrie est une technique relativement récente, elle permet d'identifier une substance chimique et de déterminer la concentration d'un soluté dans une solution, par l'interaction des électrons des molécules du soluté (appelé chromophore) avec la lumière.

Lorsqu'un faisceau de lumière blanche d'intensité I_0 traverse une solution d'un chromophore, ce dernier absorbe plus que d'autres certaines longueurs d'onde (la solution apparaît colorée) et restitue une intensité I du faisceau initial.

La détermination de la concentration des colorants est effectuée par dosage spectrophotométrique dans le domaine de visible, en utilisant la loi de Beer-Lambert.

$$A = \text{Log} \frac{I_0}{I} = \varepsilon \cdot l \cdot C \dots\dots\dots (1)$$

Avec :

A : Absorbance.

ε : Coefficient d'extinction spécifique du soluté (chromophore).

l : Epaisseur de la cellule optique.

C : Concentration de soluté.

Le spectrophotomètre UV/visible utilisé est un appareil (SP-3000 nano OPTIMA), possédant une gamme spectrale de 190 nm à 800 nm. Une cellule en QUARTZ de 10 mm a été employée. La détection s'opère dans le domaine de l'UV, la quantification et la qualification de la molécule ont été réalisées à la longueur d'onde correspondante au maximum d'absorption dans ce domaine à 665 nm.

Le spectre UV relatif à la molécule du bleu de méthylène est représenté sur la figure suivante :

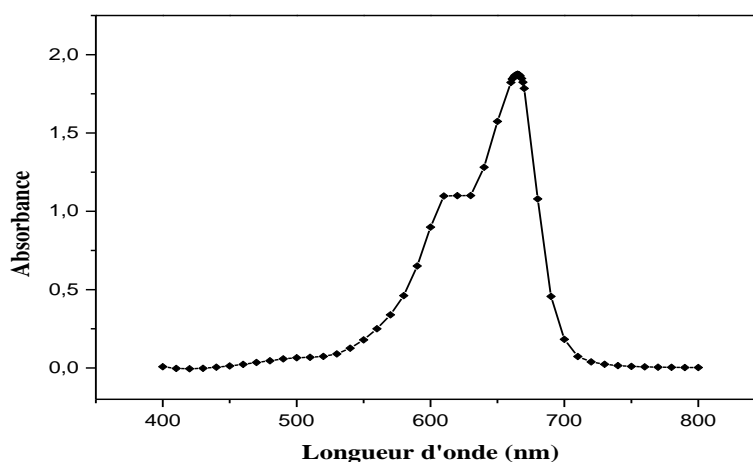


Figure II.2 : Spectre UV relatif au pic du BM.

II.5. Etablissement de la courbe d'étalonnage

Dans le but de déterminer le domaine de linéarité et tracer la courbe d'étalonnage qui obéit à la loi de Beer-Lambert, nous avons préparé plusieurs solutions étalons de concentrations différentes variant de $0,5 \text{ mg. L}^{-1}$ à 5 mg. L^{-1} .

La courbe d'étalonnage représentant l'absorbance en fonction de la concentration initiale en Bleu de Méthylène, $ABS = f(C_0)$, les résultats obtenus sont représentés sur la figure suivante :

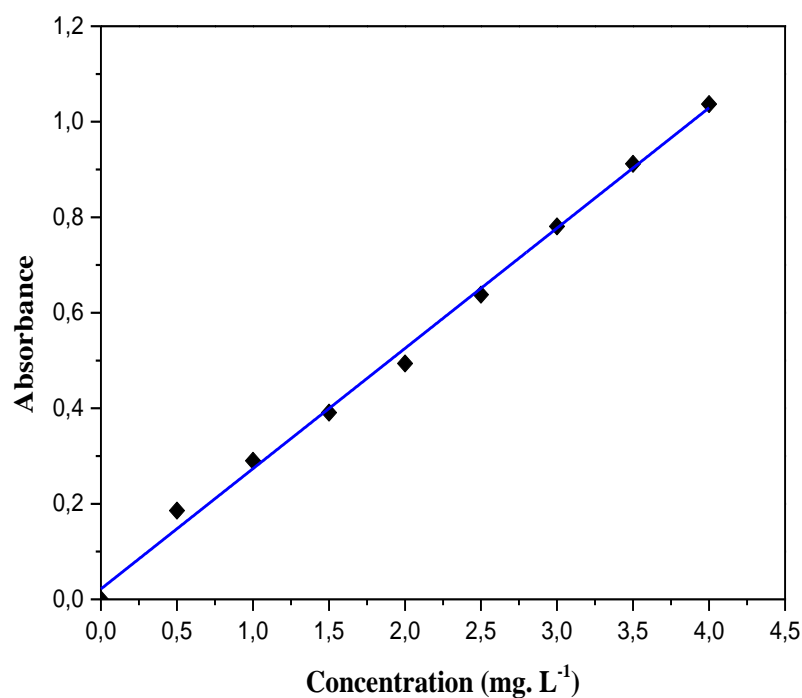


Figure II.3: Représentation graphique de la courbe d'étalonnage de BM ($\lambda=665 \text{ nm}$).

D'après la figure II.3, la courbe d'étalonnage de cette molécule présente une bonne corrélation à la longueur d'onde caractéristique avec un coefficient de corrélation égale à $R^2 = 0,9949$; donc on peut conclure que le domaine de travail choisi satisfait les limites relatives à la loi de Beer-Lambert.

Tableau II.3 : Caractéristiques de la régression linéaire de BM.

Composé	Equation	Coefficient de corrélation R^2
Bleu de méthylène	$Y = 0,2595x$	0,9949

II.6. Caractérisation du charbon actif utilisé

a. Détermination du pH

La détermination du pH est nécessaire pour quantifier le rapport de l'acidité lorsque le solide est en contact avec la solution. Une solution à 10% de charbon actif m/v est préparée avec de l'eau distillée, le mélange est laissé reposer pendant 24 heures à 25°C, pour permettre aux ions de passer en solution. La solution de CA obtenue est homogénéisée par un agitateur magnétique. La lecture est faite directement sur un pH-mètre HANNA.

b. Taux d'humidité

La mesure de l'humidité permet de calculer la masse sèche du solide, elle consiste à sécher une masse d'un échantillon préalablement pesé dans une étuve à 105°C pendant 24 heures, jusqu'à ce que sa masse devienne constante.

La détermination du taux d'humidité a été calculée à partir du rapport de la masse de l'eau (m_{eau}) sur la masse des particules solides (m_s) suivant la relation ci-dessous :

$$H(\%) = \frac{m_{eau}}{m_s} * 100 = \left(\frac{m_t - m_s}{m_s} \right) * 100 \dots\dots(2)$$

c. Indice de gonflement

Nous remplissons une éprouvette graduée de 100 ml avec 50 ml d'eau distillée et nous ajoutons 0,5 g de charbon actif. Après 45 min, nous ajoutons encore 0,5 g de charbon actif. Après 2 heures, on note le volume de gonflement.

$$IG = \frac{V_g * 50}{50 - (\%H)} \dots\dots\dots(3)$$

Où :

V_g : Volume de gonflement (ml).

(%H) : Taux d'humidité.

d. Densité apparente

La densité apparente est l'ensemble des fractions solides et pores. Elle est déterminée par la méthode de l'éprouvette graduée. On pèse une éprouvette vide (P_0). Puis, on la remplit avec le solide jusqu'à 100 ml. Ensuite la repesée (P_1).

La relation suivante permet la détermination de la densité apparente.

$$d = \frac{(P_1 - P_0)}{100} \dots\dots\dots (4)$$

Tableau II.4 : Différentes caractéristiques obtenues pour le charbon actif utilisé :

pH	(%H)	IG (%)	d
7,13	4,82	55,88	0,22

D’après les résultats obtenus dans le tableau ci-dessus, on constate que le pH du charbon actif est de nature neutre à légèrement basique avec une valeur obtenue égale à 7,13.

Nous remarquons que le taux d’humidité est faible et ne dépasse pas 5%, cela explique le caractère hygroscopique du matériau ; cette eau correspond à l’eau libre d’hydratation qui s’évapore à partir de 100°C.

La valeur de l’indice de gonflement est assez importante, ceci peut être dû à une forte ionisation et à la finesse des particules entrant dans la constitution de charbon actif [10].

II.7. Cinétique d’adsorption

La cinétique décrit la vitesse de réaction qui permet de déterminer le temps de contact mis pour atteindre l’équilibre d’adsorption, cet équilibre est aussi étroitement lié à la concentration initiale de l’adsorbât et le temps de contact.

II.7.1 Cinétique d’adsorption en fonction de la masse de l’adsorbât

Dans le but d’étudier l’effet de la masse du charbon actif sur le processus d’adsorption de BM, nous avons choisi cinq masses différentes (0,005 g ; 0,0075 g ; 0,010 g ; 0,0125 g et 0,015 g).

Nous avons suivi le phénomène d’adsorption du BM dans les conditions opératoires suivantes :

- ✓ Concentration initiale $C_0 = 10 \text{ mg. L}^{-1}$
- ✓ Volume de l’adsorbât = 100 ml
- ✓ Vitesse d’agitation 250 tr. min^{-1}
- ✓ Température ambiante $(22 \pm 2^\circ \text{ C})$

Ainsi, nous avons déterminé le temps nécessaire pour atteindre l’équilibre pour chaque masse étudiée et le rendement d’élimination à l’équilibre, la figure suivante représente la quantité adsorbée en fonction du temps d’agitation t et les résultats obtenus sont représentés sur la figure II.4:

- Pour différentes masses :

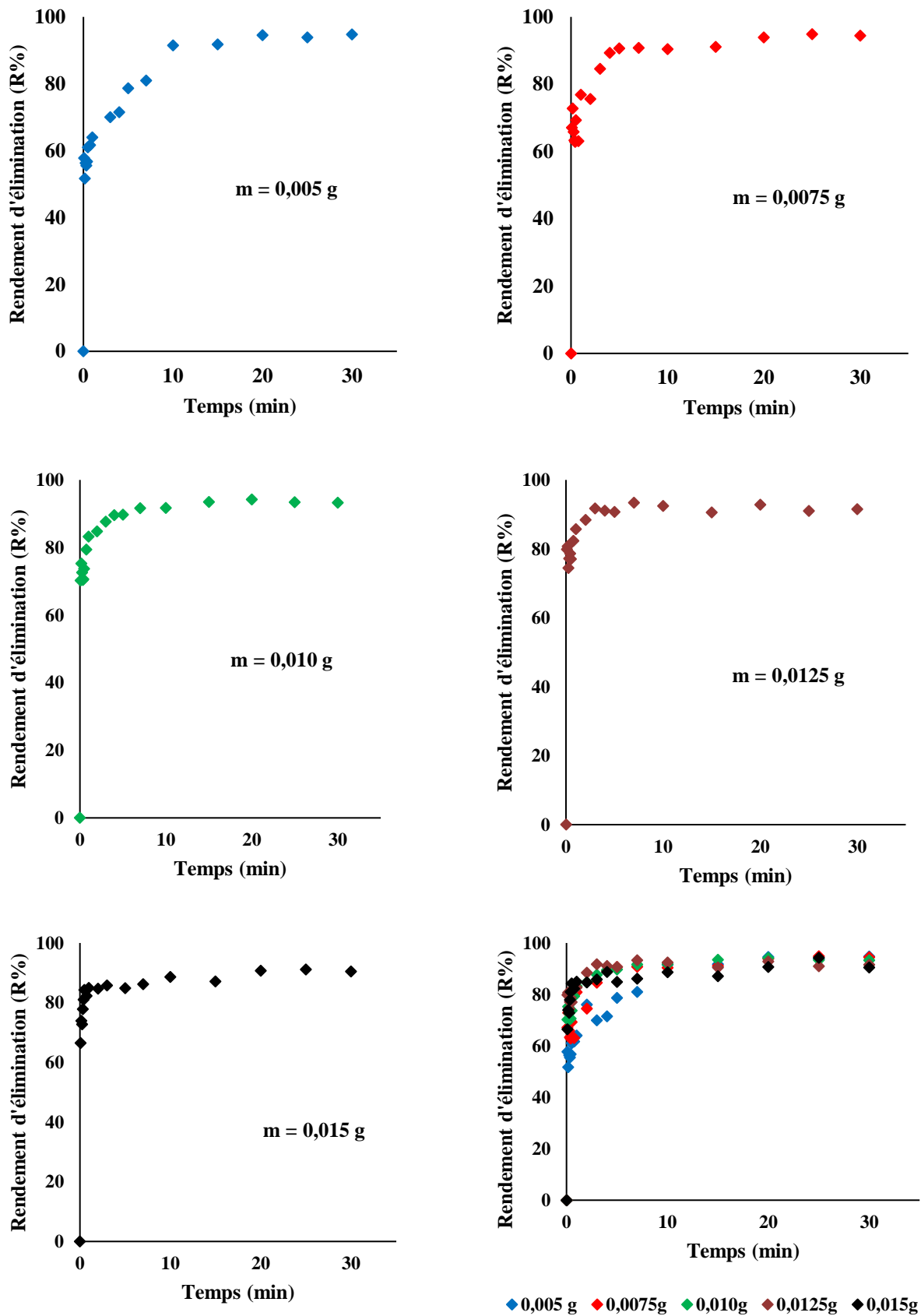


Figure II.4: Cinétique d'adsorption de BM sur CA à différentes masses ($C_0 = 10 \text{ mg. L}^{-1}$, $v = 250 \text{ tr. min}^{-1}$, $T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$).

D'après les figures ci-dessus, on remarque que :

Dans le cas d'une masse égale à **0,005 g**, il y a une forte augmentation de l'adsorption de Bleu de méthylène de l'ordre de 64 % au bout de 1 minute, ce taux augmente jusqu'à atteindre une valeur de 92% et reste constante indiquant un état d'équilibre au bout de 10 minutes d'agitation.

Pour une masse de **0,0075 g**, un rendement égal à 64 % au bout de 20 secondes est remarqué, ensuite un état d'équilibre est atteint après 5 minutes d'agitation avec un rendement égale à 91%.

Un temps d'équilibre de l'ordre de 7 minutes est remarqué pour la masse **0,010 g**, mais avec un rendement d'élimination égale à 92 % en BM.

Pour une masse de **0,0125 g**, un état d'équilibre est atteint rapidement par rapport aux autres masses après 3 minutes d'agitation avec un rendement égale à 92%.

Un temps d'équilibre de l'ordre de 2 minutes est remarqué pour la masse **0,015 g**, mais avec un rendement d'élimination égale à 85 % en BM.

Après la comparaison entre les rendements obtenus à différentes masses, nous constatons que les pourcentages d'adsorption de BM augmentent avec l'augmentation de la quantité d'adsorbant CAP. Cela est attribué à l'augmentation de la surface de contact et à la disponibilité des sites actifs. Le maximum d'adsorption avec une valeur de 92% de BM est enregistré pour une masse de 0,01 g.

Nous pouvons conclure que, le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre dans le cas de l'adsorption de BM sur les différentes masses étudiées varie de 2 à 10 minutes avec un rendement d'élimination variant de 85% à 92%.

On constate que le taux d'adsorption était très rapide à la période initiale du temps de contact, ensuite, il a diminué graduellement avec le temps jusqu'à ce que l'adsorption soit atteinte au point d'équilibre.

Lorsque l'adsorption sur la surface extérieure a atteint le point de saturation, le colorant s'est diffusé dans les pores de l'adsorbant et a été adsorbé par la surface intérieure de l'adsorbant [11].

L'augmentation rapide initiale de rendement est attribuée à l'abondance des sites actifs sur le charbon actif et, au fil du temps, ces sites sont saturés avec le colorant, et par conséquent, l'adsorption ralentit et finalement se stabilise [12].

On peut conclure que les courbes de fixation de BM sur le CA en fonction du temps de contact, peuvent se diviser en trois phases : première partie correspondant à une phase très courte, où la fixation est très rapide, suivie d'une deuxième de rapidité moyenne et une autre lente où le taux d'adsorption est relativement faible pour atteindre le palier de saturation qui représente la troisième étape.

Ce phénomène peut être expliqué par l'existence d'une première étape d'adsorption de BM sur des sites facilement accessibles, suivie d'une diffusion moléculaire de celui-ci vers des sites d'adsorption moins accessibles avant d'atteindre un équilibre d'adsorption où tous les sites deviennent occupés. La fixation rapide s'explique par la grande affinité du support à la rétention de BM, particulièrement pour la masse 0,01 (g).

A titre de comparaison, le tableau mentionne le pourcentage de rendement d'adsorption de BM en fonction du temps de contact t_{eq} (min).

Tableau II.5: Comparaison des rendements de rétention à différentes masses :

	Masses (g)				
	0,005	0,0075	0,010	0,0125	0,015
t_{eq} (min)	10	5	7	3	2
R (%)	91	91	92	92	85

Il apparaît clairement que la masse 0,01 g est la plus rentable, dans la mesure où presque toute la quantité de BM mise en solution est adsorbée. Par ailleurs, l'écart du comportement entre les quatre autres masses enregistrées est négligeable.

II.7.2 Cinétique d'adsorption en fonction de pH

Le pH joue un rôle primordial dans l'étude des phénomènes d'adsorption des colorants sur des substrats minéraux et le mécanisme d'interaction entre le colorant et l'adsorbant utilisé.

Dans le but d'étudier l'effet de pH sur le processus d'adsorption de BM sur le charbon actif, nous avons choisi cinq pH différents (2 ; 4 ; 6 ; 8 et 10).

Les pH acides et basiques obtenus sont justifiés par l'addition de HCl (0,1N) pour un milieu acide et NaOH (0,1N) pour un milieu basique. Dans une série de flacons nous introduisons une masse constante de 0,01 g de charbon actif avec 100 ml d'une solution de BM à une concentration de 10 mg. L⁻¹ et à pH différents. Les résultats obtenus sont illustrés sur la figure ci-dessous :

• Pour différents pH :

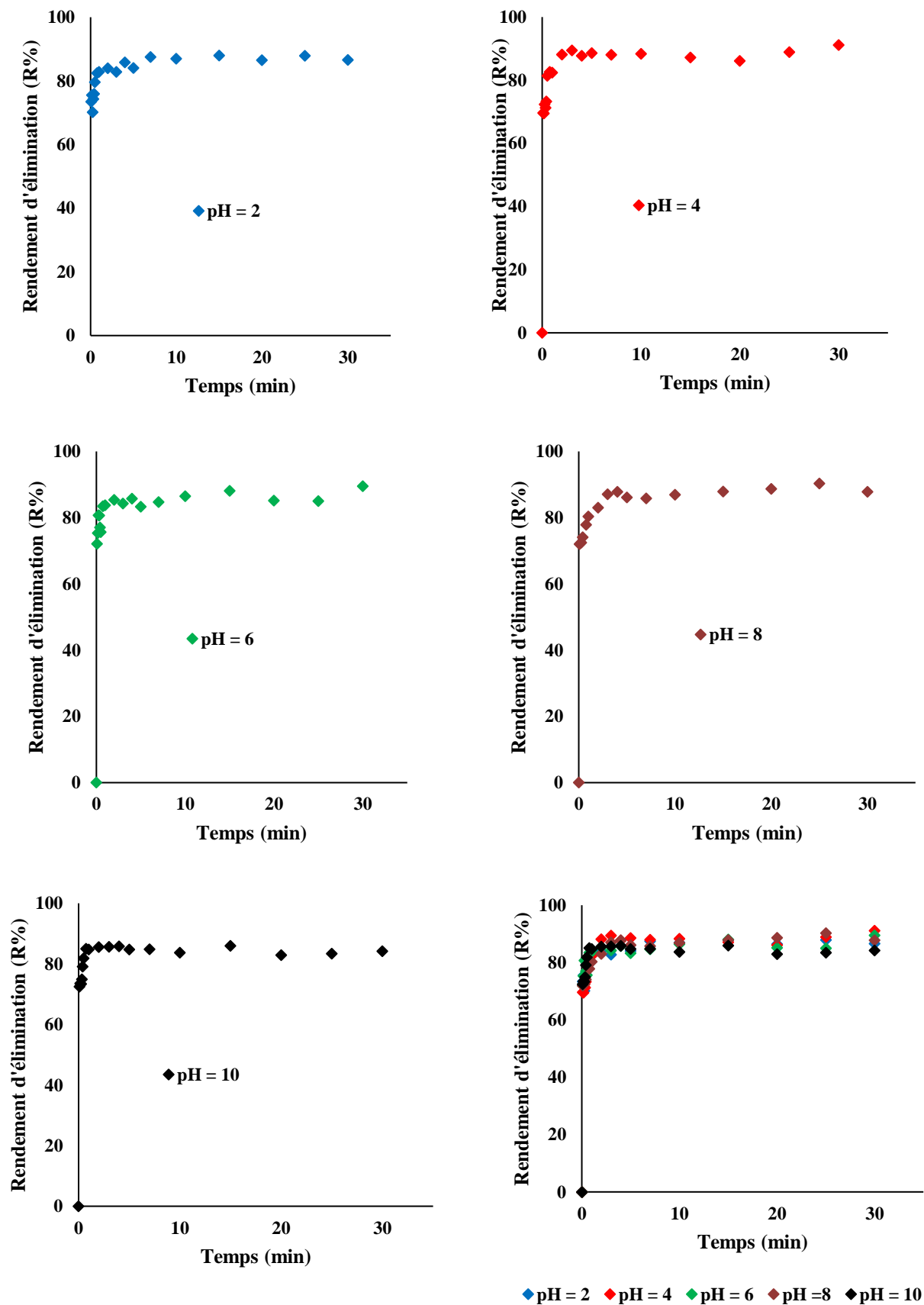


Figure II.5 : Représentation graphique de la cinétique d'adsorption de BM sur CA à différents pH ($C_0 = 10 \text{ mg. L}^{-1}$, $v = 250 \text{ tr. min}^{-1}$, $T = 20 \pm 2^\circ\text{C}$).

L'étude de l'adsorption de BM sur le CA est effectuée à des valeurs de pH comprises entre 2 et 10. Cette gamme de pH nous permet de bien examiner l'évolution de l'adsorption. L'analyse de ces résultats montre d'une manière générale que lorsqu'on augmente le pH de la solution, la quantité de bleu de méthylène adsorbée par le charbon actif augmente, puis tend à se stabiliser après 3 minutes d'agitation [13].

Nous avons récapitulé les rendements d'adsorption de BM sur CA obtenus à différents pH, les résultats obtenus au tableau ci-dessous :

Tableau II.6: Comparaison des rendements de rétention à différents pH :

	pH				
	2	4	6	8	10
t_{eq} (min)	4	2	1	4	1
R (%)	83,73	84,08	84,73	88,13	87,78

A partir du tableau II.6, on remarque que plus le rendement d'élimination augmente avec l'augmentation de pH, cela peut être expliqué du fait qu'à des faibles valeurs du pH initial, la surface de l'adsorbant serait entourée par les ions H^+ ce qui diminue l'interaction des ions du bleu de méthylène (polluant cationique) avec les sites de l'adsorbant et empêche la formation de liaisons entre le BM et le site actif, en raison de la répulsion électrostatique et la compétition entre les ions H^+ et le colorant cationique pour les sites d'adsorption [14].

Par contre, la bonne interaction en milieu basique serait due au fait que la surface de l'adsorbant serait chargée négativement et la concentration en H^+ diminue entraînant une forte attraction avec le BM chargé positivement [15].

II.8. Modèles cinétiques

Plusieurs modèles cinétiques peuvent être utilisés pour modéliser le mécanisme d'adsorption d'un corps fixé sur un adsorbant.

Nous avons adopté deux modèles de cinétique : pseudo premier ordre PPO et pseudo second ordre PSO.

II.8.1. Modèle cinétique du pseudo premier ordre

Les graphiques des représentations linéaires du $\ln (q_e - q_t)$ en fonction de t pour l'adsorption de BM à différentes masses et à différents pH représentés sur les Figures II.6 et II.7 respectivement

- Pour différentes masses :

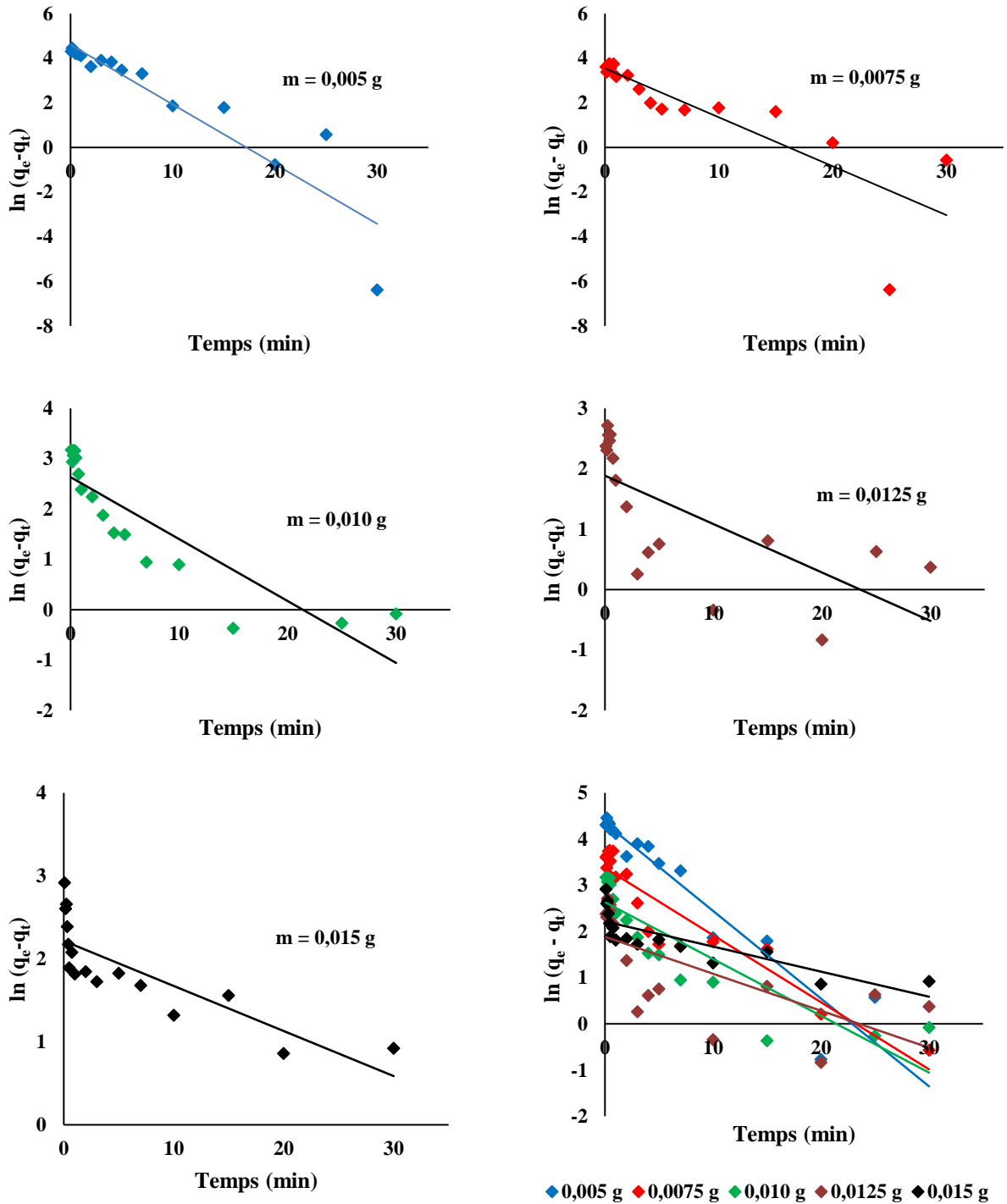


Figure II.6 : Modèle de PPO à différentes masses.

• Pour différents pH :

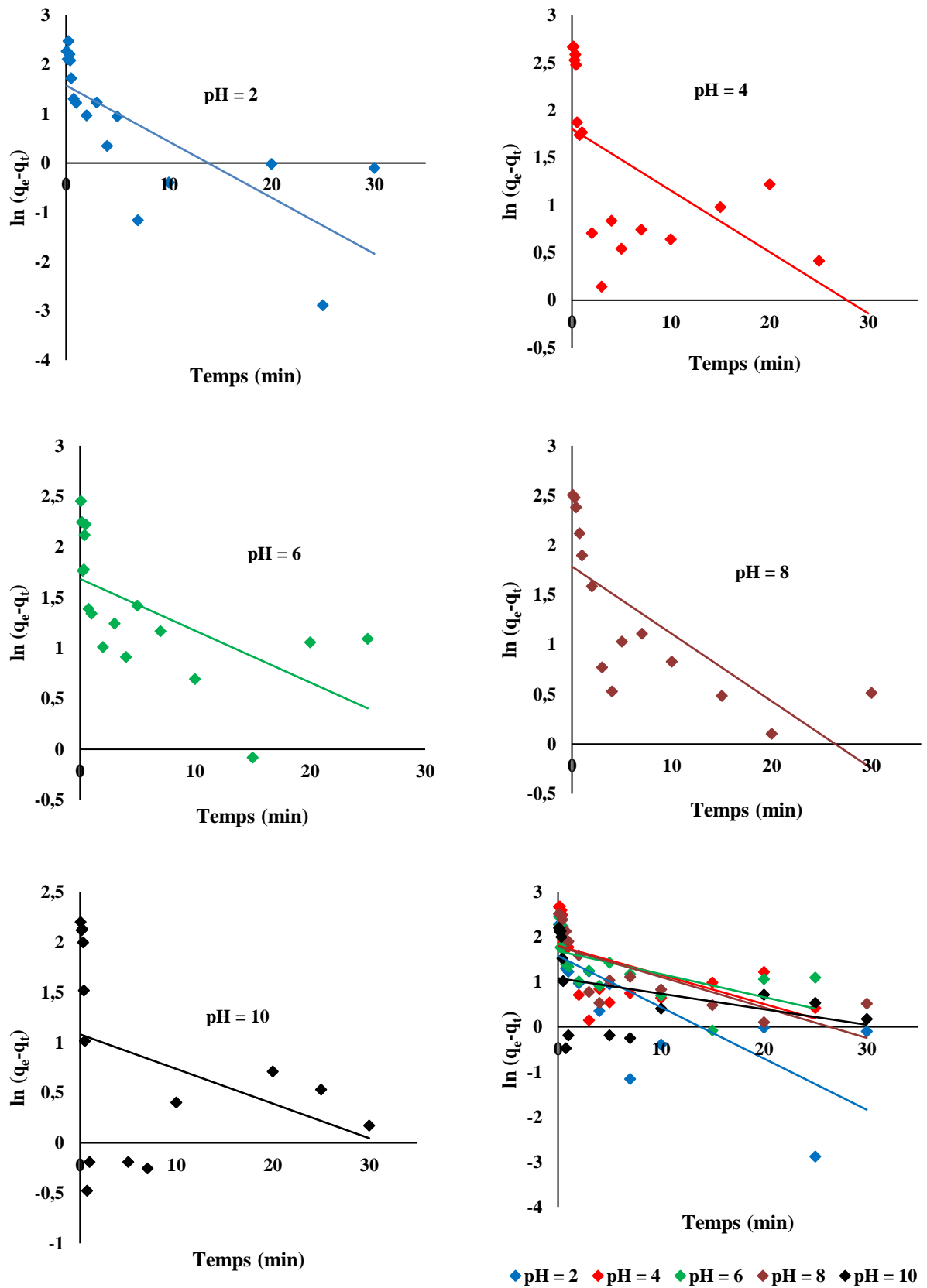


Figure II.7 : Modèle de PPO à différents pH.

Le modèle de PPO permet d'obtenir les paramètres de vitesse k_1 déterminées à partir de la pente et $q_{e,cal}$ obtenues à partir de l'ordonnée à l'origine ainsi que les coefficients de corrélation R^2 qui sont regroupés dans le tableau 7.

Tableau II.7: Valeurs des constantes et des coefficients de corrélation du pseudo premier-ordre :

		R^2	K_1 (min ⁻¹)	$q_{e cal}$ (mg. g ⁻¹)	$q_{e exp}$ (mg. g ⁻¹)
Masses (g)	0,005	0,854	0,268	99,95	189,52
	0,0075	0,637	0,023	52,81	126,45
	0,010	0,779	0,123	13,93	94,18
	0,0125	0,476	0,081	6,78	74,67
	0,015	0,604	0,053	8,74	62,81
pH	2	0,572	0,114	4,28	58,63
	4	0,304	0,065	4,90	60,78
	6	0,366	0,051	4,58	59,65
	8	0,525	0,068	4,85	60,22
	10	0,129	0,035	2,94	57,32

D'après les résultats obtenus, il apparaît clairement que les facteurs de corrélations pour le pseudo premier ordre sont faibles $R^2 < 0,90$ pour les différentes masses et pH étudiées. On remarque aussi que les valeurs des capacités maximales d'adsorption à l'équilibre déterminées théoriquement sont complètement différentes de celles mesurées expérimentalement et ceci est pour les différentes masses et pH étudiées, donc on peut conclure que l'adsorption du BM sur le CA étudiée ne suit pas une cinétique du pseudo-premier ordre [16].

II.8.2. Modèle cinétique du pseudo second ordre

Les graphiques des représentations linéaires du t/q_t en fonction de t pour l'adsorption de BM, représentés sur les figures II.8 et II.9 à différentes masses et à différents pH respectivement :

• Pour différentes masses :

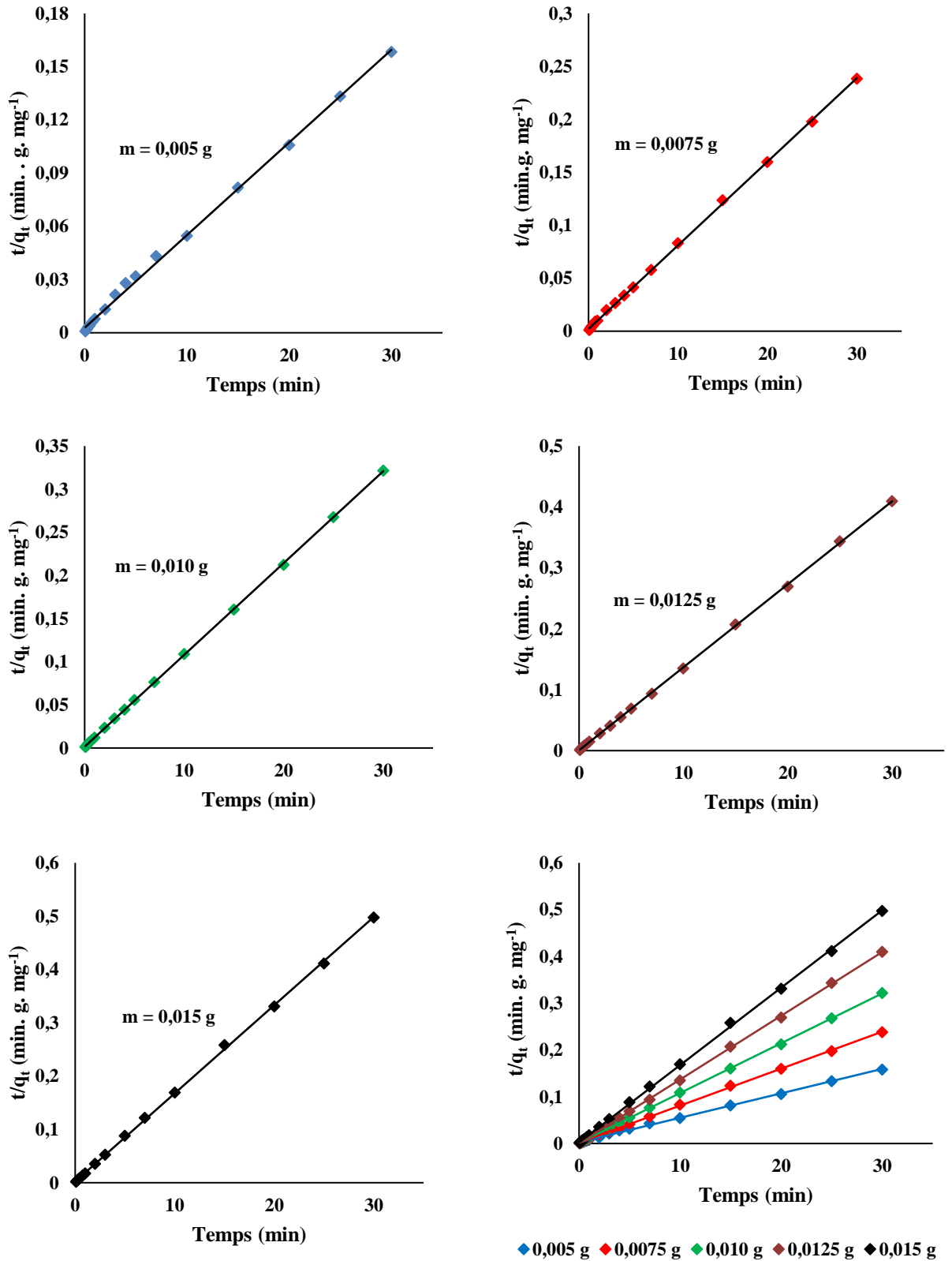


Figure II.8 : Modèle de PSO à différentes masses

• Pour différents pH :

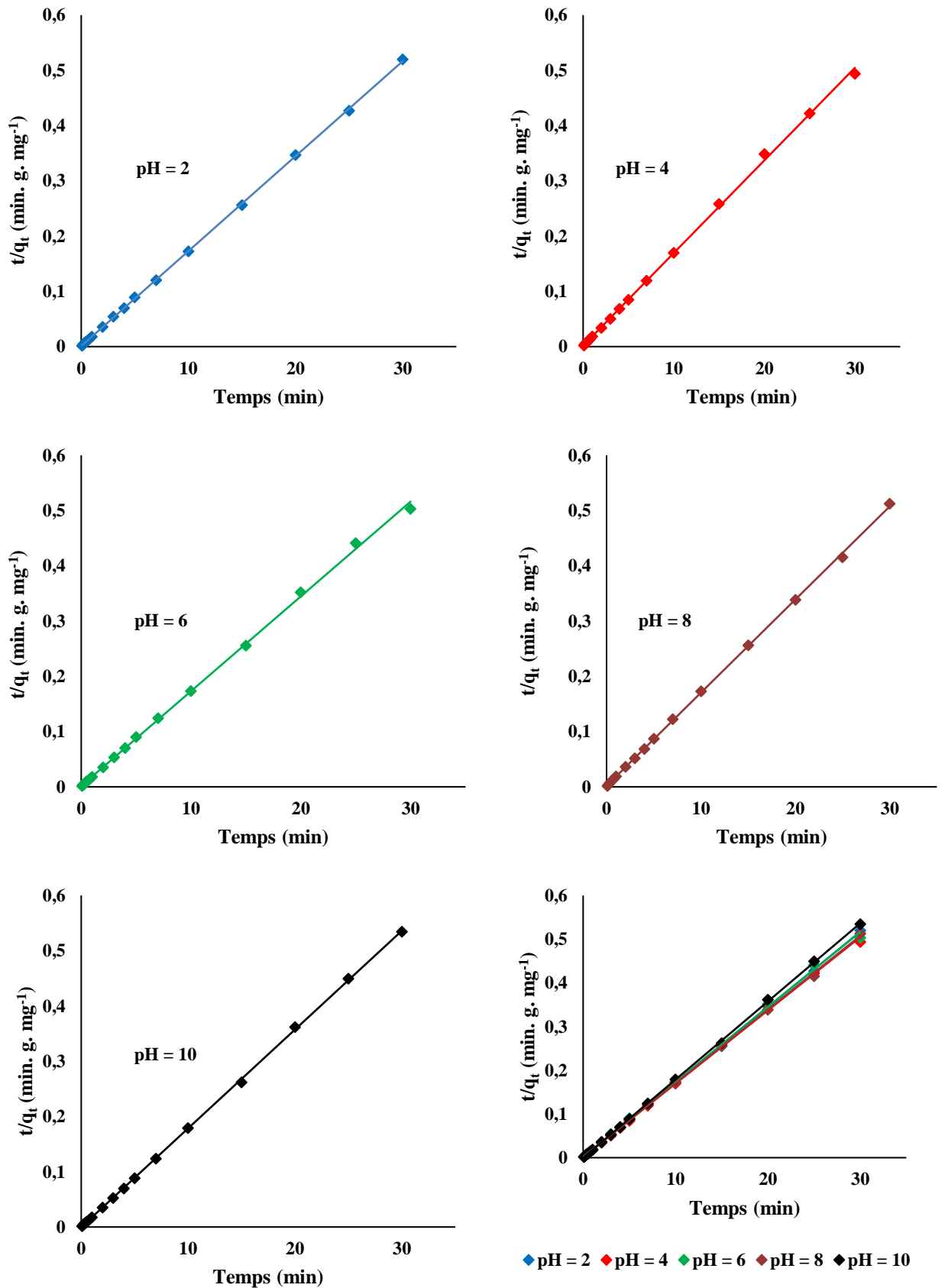


Figure II.9 : Modèle de PSO à différents pH.

Ce modèle permet d'obtenir les paramètres de vitesse k_2 déterminées à partir de la pente et $q_{e,cal}$ obtenues à partir de l'ordonnée à l'origine ainsi que les coefficients de corrélation R^2 qui sont regroupés dans le tableau 8.

Tableau II.8: Valeurs des constantes et des coefficients de corrélation du pseudo second-ordre :

		R²	K₂ (min. g. mg⁻¹)	q_{e cal} (mg. g⁻¹)	q_{e exp} (mg. g⁻¹)
Masses (g)	0,005	0,998	0,00965	192,31	189,52
	0,0075	0,999	0,0312	126,58	126,45
	0,010	0,999	0,0802	94,34	94,18
	0,0125	0,999	0,3083	73,53	74,67
	0,015	0,999	0,1076	60,98	62,81
pH	2	0,999	$2,958.10^{-7}$	58,14	58,63
	4	0,999	$4,516.10^{-7}$	59,52	60,78
	6	0,999	$4,437.10^{-7}$	58,14	59,65
	8	0,999	$5,141.10^{-7}$	59,17	60,22
	10	0,999	$0,961.10^{-7}$	55,87	57,32

D'après les résultats obtenus, il apparaît clairement que les facteurs de corrélations R^2 pour le pseudo second-ordre sont élevées et proches de l'unité que ce soit pour les différentes masses ou les différents pH étudiés.

Nous remarquons aussi que les valeurs des capacités maximales d'adsorption à l'équilibre déterminées théoriquement $q_{e,calc}$ sont presque égales à celles mesurées expérimentalement $q_{e,exp}$ et ceci est pour les différentes masses et pH étudiés. Donc on peut conclure que l'adsorption du BM sur le CA étudiée suit la cinétique du pseudo-second ordre [17].

Conclusion générale

Ce travail avait pour objectif, l'étude de la cinétique d'adsorption d'un colorant cationique (bleu de méthylène) sur le charbon actif sous l'effet de la masse de l'adsorbant et le pH de la solution. Ainsi, nous avons réalisé la modélisation de cette cinétique par le pseudo premier ordre et le pseudo second ordre ; les résultats obtenus montrent que :

- Un temps d'équilibre variant entre 2 et 10 minutes avec des rendements d'élimination allant de 85% à 92% pour les différentes masses étudiées.
- Existence de trois phases d'adsorption : la première très courte et rapide, suivie d'une deuxième de rapidité moyenne et une autre lente avec un taux d'adsorption relativement faible (palier de saturation).
- Une fixation rapide due à la grande affinité du charbon actif à la rétention de Bleu de méthylène, particulièrement pour la masse 0,01 g.
- L'augmentation du pH de la solution entraîne l'augmentation de la quantité de bleu de méthylène adsorbée par le charbon actif, qui tend à se stabiliser après 3 minutes d'agitation.
- Dans le cas de pH acide, la quantité de BM adsorbée est légèrement faible suite à l'interaction entre les ions H^+ qui entoure l'adsorbant et les ions du BM (polluant cationique).
- Une bonne interaction en milieu basique due à la charge négative de la surface de l'adsorbant et le BM chargé positivement.
- L'adsorption du BM sur le CA est une cinétique de pseudo second ordre avec des coefficients de corrélation R^2 proches de l'unité et des capacités maximales d'adsorption à l'équilibre déterminées théoriquement $q_{e,calc}$ presque égales à celles mesurées expérimentalement $q_{e,exp}$ et ceci est pour les différentes masses et pH étudiés.

En perspective et pour finaliser l'étude de l'adsorption, il faut :

- Utiliser d'autres types de charbon actif,
- Utiliser d'autres adsorbats (autres colorants),
- Etude des isothermes d'adsorption avec modélisation et étude thermodynamique.

Références bibliographiques

- [1] R.S. Juang et al. (1997). **The ability of activated clay for the adsorption of dyes from aqueous solutions.** *Environment Technology*, 18, 525- 531.
- [2] A. Welham, (2000). **The theory of dyeing and the secret of life.** *Journal of the Society of Dyers and Colourists*, 116, 140-143.
- [3] R. Perrin, (1999). **Chimie industrielle.** *Edition Dunod*, 2^{ème} édition.
- [4] M.N. Crepy, (2004). **Dermatoses professionnelles aux colorants.** *Fiche d'allergologie-dermatologie professionnelle*, Hôpital Cochin.
- [5] S. Bouacherine, (2013). **Elimination des polluants par adsorption sur charbon actif et argile traitée et non traitée.** *Mémoire de magister*, Université de Souk Ahras.
- [6] F. Stüber et al. (2005). **Carbon materials and catalytic wet air oxidation of organic pollutants in wastewater.** *Topics in Catalysis*, 33, 3-50.
- [7] R. Vincent, (2008). **Synthèse et caractérisation de billes d'alginate magnétiques pour l'élimination de polluants organique dans les effluents par séparation magnétique.** *Thèse doctorat*, Université de pierre et Marie Curie.
- [8] A. Mellah, (2012). **Adsorption de produits pharmaceutiques sur le charbon actif en poudre en vue de leur élimination.** *Mémoire de magister*, ENP.
- [9] N. Sedir, (2013). **Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes.** *Mémoire de magister*, Université de Souk-Ahras.
- [10] S. Bouzid, (2015). **Adsorption de polluants organiques sur une argile échangée aux phosphoniums.** *Mémoire de master*, Université d'Oran.

[11] F. Al Mardini, (2006). **Etude de l'adsorption du pesticide Bromacil sur charbon actif en poudre en milieu aqueux effet compétiteur des matières organiques naturelles.** *Thèse de doctorat*, Université de Poitiers.

[12] K. Ben mezien, (2017). **Etude de phénomène d'adsorption de bleu de méthylène sur les coquilles des amandes.** *Mémoire de master*, Université de Bejaia.

[13] N. Boucherit, (2016), **Traitement des colorants textiles par procédés de couplage : Fenton- Enzyme.** *Thèse de doctorat*, Université de Tizi Ouzou.

[14] M. Abdallah et al. (2016), **Etude de l'adsorption du Bleu de Méthylène sur un biomatériau à base de l'eucalyptus selon la taille des particules.** *Journal of Materials and Environmental Science*, 11, 4036-4048.

[15] A. K. Degbe et al. (2016), **Bio-sorption du Bleu de Méthylène en milieu aqueux : Etude comparative entre le cactus (*Opuntia ficus indica*) de la ville de Lomé (CL) et celui de Marrakech (CM).** *Journal of Materials and Environmental Science*, 12, 4786-4794.

[16] Y. Bentahar, (2016), **Caractérisation physico-chimique des argiles marocaines : application à l'adsorption de l'arsenic et des colorants cationiques en solution aqueuse.** *Thèse de doctorat*, Université de Nice-Sophia Antipolis.

[17] A. Aarfane et al. (2014), **Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des colorants Red195 et Bleu de méthylène en milieu aqueux sur les cendres volantes et les mâchefers.** *Journal of Materials and Environmental Science*, 5,1927-1934.

الملخص

تمت دراسة التخلص من أزرق الميثيلين (BM) في محلول مائي عن طريق الامتزاز على الكربون المنشط (AC) عند درجة حموضة وكتلات مختلفة. الوقت اللازم للوصول إلى توازن الامتزاز ما بين 2 و 10 دقائق. أعطت كتلة 0.01 ج من الفحم المنشط أفضل محصول إزالة مع امتصاص سريع بسبب التقارب العالي للكربون المنشط للاحتفاظ بالميثيلين الأزرق. يكون الامتصاص أفضل قليلاً في الوسط الأساسي منه في الوسط الحمضي. يبدو أن نموذج شبه الدرجة الثانية مناسب لنمذجة حركية امتزاز أزرق الميثيلين على الكربون المنشط مع معاملات الانحدار الخطي التي تكون عالية جداً وقريبة من الوحدة وقدرات امتصاص قصوى محسوبة نظرياً قريبة جداً من تلك المحددة تجريبياً.

الكلمات المفتاحية: أزرق الميثيلين، الكربون المنشط، حركية الامتزاز، درجة الحموضة، الكتلة.

Résumé

L'élimination du bleu de méthylène (BM) en solution aqueuse par adsorption sur le charbon actif (CA) a été étudiée à différents pH et masses. Le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre d'adsorption est compris entre 2 et 10 minutes. La masse 0,01 g en CA a donné le meilleur rendement d'élimination avec une fixation rapide due à la grande affinité du charbon actif à la rétention de Bleu de méthylène. L'adsorption est légèrement meilleure en milieu basique qu'en milieu acide. Le modèle de pseudo second ordre semble adéquat pour modéliser la cinétique d'adsorption du BM sur charbon actif avec des coefficients de régression linéaires bien élevés et proches de l'unité et des capacités d'adsorption maximales calculées théoriquement très proches à celles déterminées expérimentalement.

Mots clés : Bleu de méthylène, charbon actif, cinétique d'adsorption, pH, masse.

Abstract

The removal of methylene blue (BM) in aqueous solution by adsorption on activated carbon (AC) has been studied at different pH and masses. The time required to reach adsorption equilibrium is between 2 and 10 minutes. The 0.01 g CA mass gave the best removal efficiency with a fast fixation due to the high affinity of the activated carbon for the retention of methylene blue. Adsorption is slightly better in basic medium than in acidic medium. The pseudo second order model seems adequate to model the adsorption kinetics of MB on activated carbon with very high linear regression coefficients close to unity and theoretically calculated maximum adsorption capacities very close to those determined experimentally.

Key words: Methylene blue, activated carbon, kinetics adsorption, pH, mass.