

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions Allah, le Tout Puissant de nous avoir donné la santé, la force, la patience et la capacité de mener à bon terme ce travail.

Nous remercions, notre encadrante Dr Salima ATTOUTI, pour ses compétences scientifiques, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, pour mener à bien ce travail

Nous adressons nos respectueux remerciements à tous les membres du jury Professeure MAROUF Kheira d'avoir accepté de présider ce jury ; Dr ABDELI Safia, Melle DELALI Halima et Monsieur KHEDIM Amine qui nous fait l'honneur de participer à l'évaluation de notre travail.

Nous tenons à remercier l'ensemble du personnel de laboratoire de recherche SEAMM MME MEKIBES, MME DOUARA, MR BENZEKRI, MR TERMOUL ... Pour leurs patiences, leurs conseils pleins de sens et pour le suivi et l'intérêt qu'ils ont porté à nos travaux.

Dans l'impossibilité de citer tous les noms, nos sincères remerciements vont à tous ceux et celles, qui de près ou de loin, ont permis par leurs conseils et leurs compétences la réalisation de ce mémoire.

DEDICACES

Je tiens à dédier ce modeste travail :

A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien, leurs prières tout au long de mes études, pour qui ont fait de moi, ce que je suis aujourd'hui.

A mon épouse N.MOULAI, qui a joué évidemment un très grand rôle dans ce travail en me donnant un environnement idéal, et pour ses encouragements permanents.

Ma petite fille FARAH YASMINE

A toute ma famille.

A tous mes amis pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

Merci d'être toujours là pour moi.

Dédicaces

J'ai le plaisir de dédier ce modeste travail :

A mon défunt cher père et ma très chère mère que Dieu la garde pour moi.

A mes chères sœurs pour leurs encouragements permanents,
Et leur soutien moral.

A mes chers frères pour leur appui et leurs encouragements

A mes nièces et mes neveux.

A toute la famille GOUMIDDI et à tous ceux qui me sont chers.

RESUME

Dans cette étude les noyaux d'olives ont été valorisés et utilisés pour éliminer un colorant cationique, en l'occurrence le Bleu de Méthylène. Les noyaux d'olives ont été activés chimiquement par l'hydroxyde de potassium 40%, suivi d'une pyrolyse à 800°C pendant 3h. Le charbon actif a été caractérisé par mesures du point de charge nulle (pHpzc), leur structure poreuse a été réalisée par la détermination de l'indice d'iode et l'indice de bleu de méthylène, une valeur de pHpzc de 6,53 et une valeur d'indice d'iode de 716 mg/g et une valeur d'indice de Bleu de Méthylène de 198,5 mg/g ont été obtenus. L'adsorption de Bleu de Méthylène suit parfaitement le modèle de Langmuir avec un coefficient de corrélation de 0,99 et une capacité maximale d'adsorption de 71,42 mg/g, Le modèle de Freundlich ne décrit pas cette adsorption. L'étude cinétique, a montré que l'adsorption de Bleu de Méthylène est régie par une cinétique du deuxième ordre. Les noyaux d'olives peuvent être valorisés par activation chimique en vue de leur utilisation dans le traitement des eaux polluées, notamment les eaux de rejets industriels, contribuant ainsi à la protection de l'environnement.

Mot clés : Activation, adsorption , Bleu de Méthylène

نبذة مختصرة

في هذه الدراسة، تمت ترقية حفر الزيتون واستخدامها لإزالة الصبغة الكاتيونية، الميثيلين الأزرق في هذه الحالة. تم تنشيط حفر الزيتون كيميائياً باستخدام 40٪ هيدروكسيد البوتاسيوم ، تليها الانحلال الحراري عند 800 درجة مئوية لمدة 3 ساعات. تم تمييز الكربون المنشط بقياسات نقطة الشحنة الصفرية (pHpzc) ، وتم تنفيذ هيكل المسام عن طريق تحديد رقم اليود ورقم الميثيلين الأزرق ، وقيمة pHpzc 6.53 وقيمة رقم اليود 716 مغ/ غ وقيمة رقم الميثيلين الأزرق 198.5 مغ/ غ تم الحصول عليها. يتبع امتزاز الميثيلين الأزرق بشكل مثالي نموذج لـ Langmuir-Hinshelwood مع معامل ارتباط 0.99 وقدرة امتصاص قصوى تبلغ 71.42 مغ/ غ ، لا يصف نموذج Freundlich هذا الامتصاص. أظهرت الدراسة الحركية أن امتصاص الميثيلين الأزرق تحكمه حركيات الدرجة الثانية. يمكن استعادة حفر الزيتون عن طريق التنشيط الكيميائي لاستخدامها في معالجة المياه الملوثة، وخاصة مياه الصرف الصناعي، مما يساهم في حماية البيئة.

الكلمات المفتاحية: التنشيط، الامتزاز، الميثيلين الأزرق

ABSTRACT

In this study, the olive pits were upgraded and used to remove a cationic dye, in this case Methylene Blue. The olive pits were chemically activated with 40% potassium hydroxide, followed by pyrolysis at 800 ° C for 3 hours. The activated carbon was characterized by measurements of the point of zero charge (pHpzc), their pore structure was carried out by the determination of the iodine number and the methylene blue number, a pHpzc value of 6.53 and an iodine number value of 716 mg / g and a methylene blue number value of 198.5 mg / g were obtained. The adsorption of Methylene Blue perfectly follows the Langmuir model with a correlation coefficient of 0.99 and a maximum adsorption capacity of 71.42 mg / g, The Freundlich model does not describe this adsorption. The kinetic study, showed that the adsorption of Methylene Blue is governed by second order kinetics. Olive pits can be recovered by chemical activation for use in the treatment of polluted water, in particular industrial waste water, thus contributing to the protection of the environment.

Keywords: Activation, adsorption, Methylene blue

Liste des abréviations

BM : Bleu méthylène

C₀ : Concentration initiale du soluté (mg/L).

C_e : Concentration en soluté l'équilibre (mg/L).

m : Masse du solide absorbant (g).

V : Volume de la solution (L).

Abs : L'absorbance de la solution (nm)

Q_e : Quantité adsorbée à l'équilibre (mg/g).

Q_e (exp) : Quantité adsorbée à l'équilibre expérimentale (mg/g).

Q_e (th) : Quantité adsorbée à l'équilibre théorique (mg/g).

Q_m : Capacité maximale d'adsorption théorique (mg/g).

Q_t : Quantité de soluté adsorbé à l'instant t (mg/g).

K₁ : Constante de vitesse du premier ordre (min).

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

K_d : Constante d'équilibre.

K_f : Constante de Freundlich.

K_i : Constante de vitesse de diffusion intra-particulaire (mg.g¹.min^{-1/2}).

K_l : Constante de Langmuir (L.mg⁻¹).

n : Coefficient de Freundlich.

R : Constante des gaz parfait (8.32 J.mol⁻¹. K⁻¹).

R² : Coefficient de corrélation.

T : Température absolue (K).

t : Temps (min).

UV-Vis : Ultraviolet-Visible.

x : Quantité de soluté adsorbée (mg).

Liste des tableaux

Tableau. I. 1 : Propriétés physiques et chimiques du bleu de méthylène.....	12
Tableau. III. 2 : Etablissement de la courbe d'étalonnage.....	16
Tableau. III. 3 : effet du temps d'équilibre de l'adsorption de BM.....	17
Tableau. III. 4 : effet de la dose d'équilibre de l'adsorption de BM.....	18
Tableau. III.5 : effet du pHs Sur l'adsorption de BM.....	19
Tableau III. 6 : effet de l'isotherme d'adsorption de BM sur CA.....	20
Tableau III.7 : étude cinétique de l'adsorption de BM.....	22
Tableau .III.8 : Tableau récapitulatif des constantes des model cinétique.....	23

Liste des figures

FigureI.1. Phénomène d'adsorption.....	03
FigureII.2. Formule développée de BM.....	13
FigureIII.3. Détermination de point de charge nulle.....	15
FigureIII.4. Représentation graphique de l'indice d'iode et l'indice de BM de CA.....	16
FigureIII.5. La courbe d'étalonnage de le BM.....	17
FigureIII.6. Effet du temps sur l'adsorption de BM.....	18
FigureIII.7. Effet de la dose sur l'adsorption de BM.....	18
FigureIII.8. l'effet de pH sur l'adsorption de BM.....	19
FigureIII.9. isotherme d'adsorption de Figure II.	20
FigureIII.10. Représentation de Langmuir pour l'adsorption de BM BM.....	21
FigureIII.11. isotherme d'adsorption de BM selon le modèle de Freundlich.....	21
FigureIII.12. modèle cinétique du pseudo premier ordre.....	22
FigureIII.13. modèle cinétique du pseudo deuxième ordre.....	22
FigureIII.14. modèle cinétique de diffusion intra particulaire.....	23

Sommaire

Résumé

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....	01
I. Les colorants Synthétiques	02
I.1. Définition.....	02
I.2 .Utilisation et application des colorants.....	02
I.3 Toxicité des colorants synthétiques.....	02
I.4. Méthodes de traitements des rejets liquides.....	02
 II. Généralités sur le phénomène d'adsorption	03
II.1. Définition générale de l'adsorption.....	03
II.2.Aplications.....	04
II.3. Différents types d'adsorption.....	04
II.3.1 Adsorption physique (physisorption).....	04
II. 3.2 Adsorption chimique (chimisorption)	04
II.4. Les isothermes d'adsorption	04
II.4.1.les différents modelés d'isotherme d'adsorption.....	05
II.4.1.1 Isotherme de Langmuir.....	05
II.4.1.2 Isotherme de Freundlich.....	05
II.5.Cinétiques d'adsorption.....	05
II.5.1 Modèle cinétique	06
II.5.1.1 Modèle cinétique du pseudo premier ordre	06
II.5.1.2 Modèle cinétique du pseudo deuxième ordre	06
II.5.1.3Diffusion intra particule.....	06

III. Charbon actif.....	07
III.1.Définition.....	07
III.2.Utilisations spécifiques.....	07
III.3.Sources du charbon actif.....	07
III.4. Activation de matériaux végétaux.....	07
III.4.1. Activation physique.....	08
III.4.2. Activation chimique.....	08
III.5.Structure poreuse d'un charbon actif.....	08
III.6.Caractérisation des charbons actifs.....	08
III.6.1.Analyse IRTF.....	08
III.6.3.Indice de Bleu de Méthylène.....	09
III.6.2.Indice d'Iode.....	09
III.6.4. pH du Point de zéro charge.....	09

Etude expérimentale

I. L'objectif	10
II. Matériels et méthodes.....	10
II. 1.Préparation de charbon actif.....	10
II.2. Caractérisations du charbon actif.....	10
II. 2.1. Le pH du point de charge zéro (pH_{PZC}).....	10
II.2.2. Indice d'Iode.....	10
II. Préparation des solutions.....	10
II.2.3. Indice du Bleu de Méthylène.....	11
II.2.4. Rendement d'activation.....	12
II.3. Application à l'adsorption.....	12
II.3.1. Bleu de méthylène.....	12
II.3.2.Etablissement de la courbe d'étalonnage	13
II.3.3.Etude des paramètres influençant l'adsorption.....	13
II.3.3.1.Effet du temps de contact	13
II.3.3.2. Effet de la dose.....	13

II.3.3.3. Effet de pH	13
II.3.3.4. Isotherme d'adsorption	14
II.3.3.5. Etude cinétique.....	14
.	
III. Résultats et discussions.....	15
III.1. Caractérisation de charbon actif.....	15
III.1.1. pH du point de charge zéro pH _{PZC}	15
III.1.2. Rendement.....	15
III.1.3. Indice d'iode et Indice de Bleu Méthylène.....	15
III.2. La courbe d'étalonnage du bleu de méthylène.....	16
III.3. Effet de temps sur l'adsorption.....	17
III.4. L'effet de dose de l'adsorption de BM.....	18
III.5. Effet du pH sur l'adsorption du BM.....	19
III.6. Isotherme d'adsorption	19
III.7. Etude cinétique de l'adsorption	21
Conclusion	23
Références bibliographiques	24

Introduction générale

Introduction

Les eaux usées d'origine industrielle ou domestique contiennent généralement des composés organiques et/ou inorganiques en concentrations élevées qui peuvent être toxiques. Dans certains cas, elles peuvent aussi contenir des micro-organismes pathogènes. Aussi, ces eaux doivent être traitées par des techniques appropriées avant rejet.

Les méthodes généralement utilisées pour le traitement des eaux usées peuvent impliquer des procédés physiques (décantation, flottation, etc.), biologiques (digestion anaérobie, boue activée, lagunage, lit bactérien, etc.) ou physico-chimiques/chimiques (précipitation, désinfection, adsorption, etc.).

Le choix du traitement dépendra de la nature des polluants à éliminer ainsi que de leur concentration. L'adsorption sur charbon actif (CA) est peu utilisée pour l'épuration des eaux usées poly contaminées en traitement épuratoire principal, alors que sa capacité d'adsorption pour les composés chimiques est élevée, et qu'elle constitue un procédé de choix pour le traitement des eaux (potables, souterraines, etc.) contenant de faibles concentrations de polluants.

La capacité d'un CA à adsorber les polluants dépend de la distribution de la taille de ses pores, de la taille des molécules à traiter, de leur concentration et d'autres paramètres tels que la température, la nature du solvant ainsi que la force ionique.

Donc, l'objectif de notre étude est de préparer un charbon actif à partir d'un déchet végétal et de l'appliquer dans la dépollution des eaux par l'élimination d'un colorant cationique qui est le bleu de méthylène par un procédé de traitement d'actualité qui est l'adsorption.

Notre mémoire est composé de deux chapitres :

- le premier chapitre présente les principes de base concernant des définitions des colorants, la méthode de traitement choisie l'adsorption et les adsorbants.

- Le deuxième chapitre décrit la procédure expérimentale, matériels et méthodes et résultats et discussions. Matériels et méthodes concerne la description du matériel et les méthodes expérimentales ayant permis la réalisation pratique de cette étude, résultats et discussion concerne la présentation des résultats obtenus.

Enfin on termine avec une conclusion générale relatant les principaux résultats de cette étude.

Chapitre 1

Etude bibliographique

I.1 Les colorants Synthétiques

I.1.1. Définition

Un colorant proprement dit est une substance qui possède deux propriétés spécifiques, indépendantes l'une de l'autre, la couleur et l'aptitude à être fixée sur un support tel qu'un textile. Il possède des groupements qui lui confèrent la couleur : appelés chromophores et des groupements qui permettent sa fixation : auxochromes. [1].

I.1.2 .Utilisation et application des colorants [2].

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

- Textiles : 60%
- Papiers : 10%
- Matières plastiques et élastomères : 10%
- Cuirs et fourrures : 3%

Les autres applications concernent les produits alimentaires, le bois, et la photographie.

I.1.3. Toxicité des colorants synthétiques

Depuis, les travaux effectués sur ces colorants ont démontré que ces composés chimiques présentaient des effets cancérogènes pour l'homme et l'animal.

Ils sont considérés très toxiques, leur contact peut causer des irritations de peau et d'œil, Ils peuvent également causer des dommages permanents à la cornée et sa conjonctive. La consommation de ces colorants peut produire et/ou développer une toxicité neuronale aiguë.

On a également établi que ces colorants mènent à des tumeurs à l'emplacement de leur application. [3].

I.1.4. Méthodes de traitements des rejets liquides

Le traitement des rejets textiles, compte tenu de leur hétérogénéité de composition, conduira toujours à la conception d'une chaîne de traitements assurant l'élimination des différents polluants par étapes successives. La première étape consiste à éliminer la pollution insoluble par l'intermédiaire de prétraitements (dégrillage, dessablage, déshuilage...) et/ou de traitements physiques ou physico-chimiques assurant une séparation solide/liquide.

Les techniques de dépollution intervenant le plus couramment en deuxième étape dans les industries textiles d'après Barclay et Buckley et kurbus et coll. [4]. Se divisent en trois types :

Traitement biologique

Traitement aérobie ;

Traitement anaérobie.

Traitement chimique

Oxydation (oxygène, ozone, oxydants tels que NaOCl, H₂O₂);

Méthode complexométrique.

Traitement physique

Méthodes de précipitation (coagulation, floculation, sédimentation);

Adsorption (sur charbon actif); Osmose inverse;

Filtration sur membrane. Incinération

I.2. Généralités sur le phénomène d'adsorption**I.2.1. Définition générale de l'adsorption**

Qualitativement, l'adsorption est définie comme le passage d'espèces chimiques d'une phase liquide ou gazeuse vers une surface solide. Il s'agit donc du passage de l'état de dissous à celui d'adsorbé. Le processus inverse s'appelle la désorption. Cette définition s'applique à toutes les substances dissoutes qu'elles soient ionisées ou pas et à toutes les surfaces solides.

L'accès à ces surfaces se fait toujours par diffusion moléculaire dans les pores et peut constituer une limite à la fois cinétique et quantitative à l'adsorption.

La description de l'adsorption repose sur trois ensembles de données expérimentales :

- Les quantités adsorbées à l'équilibre, formalisées par les isothermes d'adsorption.
- Les vitesses d'adsorption obtenues par des études de cinétique.
- Les propriétés des molécules adsorbées en relation avec leur structure chimique et l'aptitude à repassé en solution, donc désorbées.

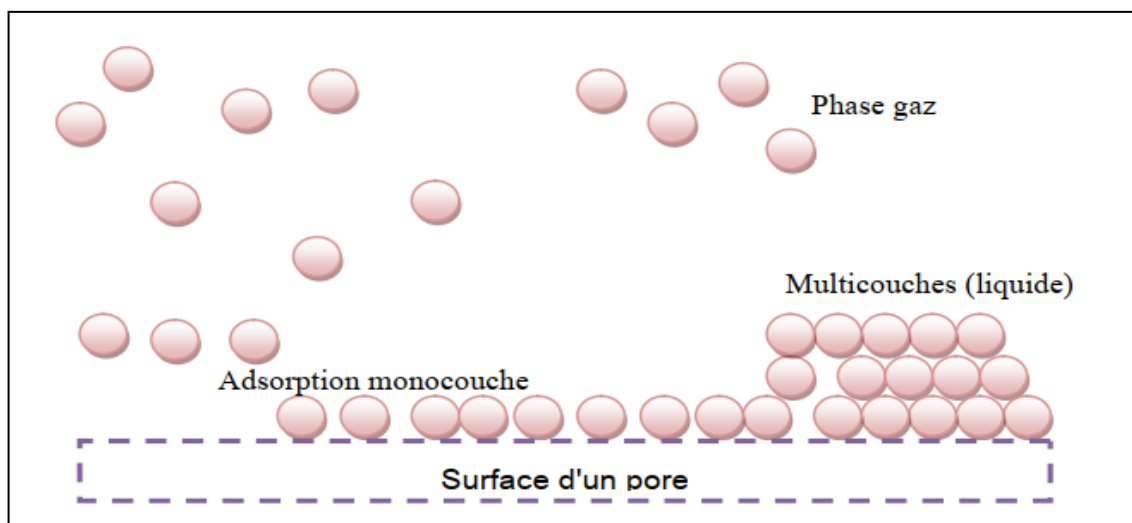


Figure I.1. Phénomène d'adsorption

I.2. 2. Applications d'adsorption

L'adsorption est utilisée dans l'industrie dans des procédés de séparation et de purification des gaz et des liquides, dans des domaines très variés tels que la pétrochimie, la chimie, la pharmacie et l'environnement. Les applications industrielles utilisent en général uniquement les propriétés d'adsorption physique des matériaux car ce phénomène ne modifie pas la structure moléculaire de l'adsorbat. De plus, il est réversible, ce qui permet de récupérer la molécule adsorbée et ainsi de régénérer l'adsorbant.

I.2. 3. Différents types d'adsorption [5].

Selon la nature des forces d'interaction adsorbant adsorbat, l'adsorption est subdivisée en deux types : physique et chimique.

I.2. 3.1 Adsorption physique (physisorption)

L'adsorption physique se produit par la fixation de l'adsorbat dans une couche mono ou multimoléculaire à la surface de l'adsorbant par le biais de liaisons de faible énergie (de l'ordre de 20 kJ/mol) ; liaisons de Van Der Waals.

La physisorption est favorisée à basse température et se produit sans modification de la structure moléculaire de l'adsorbat. Elle est réversible ; les molécules adsorbées peuvent être facilement désorbées. La physisorption s'accompagne de faibles chaleurs d'adsorption sans changement violent ou structurel sur la surface

I.2 .3.2 Adsorption chimique (chimisorption) [6]

La chimisorption résulte de la formation de liaisons par la mise en commun ou le transfert d'électrons entre l'adsorbat et les sites actifs de l'adsorbant. Les énergies mises en jeu sont importantes, de l'ordre de 40 à 400 kJ/mol. Ce processus est généralement irréversible ; on ne peut donc pas récupérer la substance adsorbée sous sa forme initiale suite à une désorption.

I.2.4. Les isothermes d'adsorption

La vitesse d'adsorption d'un soluté à partir d'une solution dépend de nombreux facteurs, notamment la nature de l'adsorbant, l'adsorbat, ainsi que de la vitesse d'agitation du milieu. Une isotherme d'adsorption est la variation de la quantité adsorbée x/m (mg/g) sur un solide en fonction de la concentration C_e (mg/L) du composé adsorbable à l'équilibre ($x/m = f(C_e)$), à une température donnée. La quantité adsorbée à l'équilibre peut s'exprimer dans différentes unités ; on utilise principalement dans le cas d'adsorption en phase aqueuse la mole d'adsorbat par masse de solide ou masse d'adsorbat par masse de solide.

I.2.4.1. les différents modèles d'isothermes d'adsorption

I.2.4.1. 1. Isotherme de Langmuir

L'isotherme de Langmuir le plus ancien, a été proposée par le chimiste et physicien américain Irving Langmuir en 1918. Il suppose que l'adsorption se déroule sur la surface homogène de l'adsorbant et qu'elle est monocouche. il n'y a pas d'interactions adsorbant-adsorbant.

L'isotherme de Langmuir est décrite par l'équation suivante :

$$\frac{x}{m} = \frac{Q_{\max} b C_{eq}}{1 + b C_{eq}} \quad (1)$$

Après arrangement, l'équation devient :

$$\frac{C_{eq}}{x/m} = \frac{1}{Q_{\max} b} + \frac{C_{eq}}{Q_{\max}} \quad (2)$$

Avec

x/m : la quantité de substance adsorbée par unité de masse de l'adsorbant en mg/g

C_{eq} : la concentration à l'équilibre de l'adsorbant en mg/L

$Q_{\max}$: la Capacité maximale d'adsorption en mg/g

b : constante de Langmuir liée à l'énergie en L/mg

I.2.4.1.2 Isotherme de Freundlich

L'isotherme de Freundlich proposé en 1926 par un chimiste Allemand Herbert Freundlich, suppose que l'adsorption est multicouche et que la surface de l'adsorbant est hétérogène. Elle est décrite par l'équation empirique suivante :

$$\frac{x}{m} = K_f C_{eq}^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

Après linéarisation, l'équation devient :

$$\log\left(\frac{x}{m}\right) = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_{eq} \quad (4)$$

Avec

x : la quantité de substance adsorbée en mg

m : la masse de l'adsorbant en g

C_{eq} : la concentration à l'équilibre de la substance adsorbée en mg/L

K_f : la constante d'équilibre d'adsorption de Freundlich mg/g

n : intensité d'adsorption

K_f et n sont des constantes expérimentales positives qui sont en fonction de la température, la nature de l'adsorbant et l'adsorbant. La valeur de n est généralement supérieure à un et le rapport $1/n$ est comprise entre 0 et 1. Elle indique que l'adsorption est favorable.

I.2.5. Cinétiques d'adsorption

La cinétique de l'adsorption est un paramètre important qui permet d'estimer la quantité de substance adsorbée en fonction du temps. Différents modèles sont utilisés pour étudier la cinétique d'adsorption tels que le modèle cinétique du pseudo premier ordre, modèle cinétique du pseudo deuxième ordre, modèle de Diffusion intra particule.

La cinétique fournit des informations sur le mécanisme d'adsorption. [7].

I.2.5.1 Modèle cinétique

I.2.5.1.1 Modèle cinétique du pseudo premier ordre [9].

Elle est exprimée par l'équation de Lagergren suivante :

$$\frac{dQ}{dt} = K_1 (Q_e - Q_t) \quad (5)$$

Après intégration de 0 à t temps, l'équation devient :

$$\log(Q_e - Q_t) = \log Q_e - \frac{K_1}{2,303} t \quad (6)$$

Avec

Q_e : Quantité adsorbée par unité de masse de l'adsorbant à l'équilibre

Q_t : Quantité adsorbée par unité de masse de l'adsorbant à l'instant t

t : le temps de contact en minutes

K_1 : constante de vitesse du pseudo premier ordre.

I.2.5.1.2 Modèle cinétique du pseudo deuxième ordre [10].

Ce modèle est décrit par une équation de Blanchard suivante :

$$\frac{dQ}{dt} = K_2 (Q_e - Q_t)^2 \quad (7)$$

Après intégration et la linéarisation, l'équation devient

$$\frac{t}{Q_t} = \frac{1}{K_2 Q_e^2} + \frac{1}{Q_e} t \quad (8)$$

Avec

Q_e : Quantité adsorbée par unité de masse de l'adsorbant à l'équilibre (mg/g)

Q_t : Quantité adsorbée par unité de masse de l'adsorbant à l'instant t (mg/g)

t: le temps de contact en minutes

K_2 : constante de vitesse du second ordre

I.2.5.1.3 Diffusion intra particule

Ce modèle est décrit par une équation de Weber et Morris suivante :

$$Q_t = K_i t^{1/2} + C \quad (9)$$

Avec

Q_t : Quantité adsorbée par unité de masse de l'adsorbant à l' instant t

t: le temps de contact en minutes

C : constante qui fournit une indication de l'épaisseur de la couche limite.

K_i : constante de vitesse de diffusion dans les pores..

Particulaire.

I.3 Charbon actif**I.3.1.Définition**

Le charbon actif est un matériau qui a été carbonisé à une température très élevée. Il est poreux, et possède une grande surface. C'est un des plus anciens adsorbants fabriqué industriellement. Le charbon actif est un matériau solide noir carboné, sans goût, il se distingue du carbone élémentaire par l'élimination de toutes les impuretés non carbonées et l'oxydation de sa surface [8].

I.3.2.Utilisations spécifiques

Les applications principales du charbon activé sont entre autres la purification, la décoloration, la désodorisation et en général la désintoxication des eaux potables ainsi que la purification de l'air et des produits chimiques, alimentaires...etc. Il est utilisé dans la purification du gaz (Purification du gaz naturel et des gaz de processus, traitement des odeurs, dépollution des sols, masque à gaz, filtre à cigarette et air conditionné). Il présente une absorptivité relativement faible de CO_2 , de N_2 et de O_2 et très faible pour le H_2 [9].

Le charbon activé est aussi connu pour son efficacité à l'élimination des corps inorganiques tels que les métaux lourds (le cuivre, le cadmium, le plomb et le mercure), ainsi que les effluents industriels.

I.3.3.Sources du charbon actif

Le charbon actif est obtenu à partir d'un grand nombre de matériaux contenant du carbone organique et inorganique, qu'ils soient d'origine animale, végétale ou minérale, tels que les matières bitumineuses et le lignite, la cellulose le marc de café .La tourbe, le bois, les coques, les résines et les pneus automobiles usagés [10].

L'origine végétale est la plus prisée, car un grand nombre de sous-produits agricoles sont utilisés actuellement pour la fabrication des charbons actifs. Parmi les plus courantes et rentables commercialement : les coques de noix, les noyaux de fruit, d'olives, de pecan et les coques d'amandes.

On peut aussi compter les grains d'haricots et de coton, l'épi de maïs, cosse de riz. Il en est de même

Pour le sucre qui est source d'un charbon actif de grande pureté ainsi que beaucoup d'espèce d'arbres et de plantes. [11].

I.3.4. Activation de matériaux végétaux

L'activation est un processus dans lequel les particules carbonisées sont exposées à un agent activant à haute température. L'activation permet de chasser les impuretés et gaz indésirables en lui conférant une porosité maximale. La nature du matériau de départ ainsi que les conditions de pyrolyse prédéterminent la structure et la largeur des pores. On distingue deux types d'activation : [12].

I.3.4.1. Activation physique

Elle consiste en une oxydation à haute température (750-1000°C) du carbonisât par un agent oxydant gazeux. Les gaz utilisés, seuls ou en mélange, faiblement oxydants sont la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone. Le niveau de température joue un rôle important dans le processus d'activation. A basse température, la cinétique d'oxydation est faible et l'activation conduit à une distribution de la taille de pore dans tout le volume du matériau. Avec l'augmentation de la température, la vitesse de réaction croît plus rapidement que la diffusion du gaz oxydant. Le procédé est donc limité par le transport du gaz oxydant au sein du matériau, ce qui conduit à une perte d'homogénéité de la porosité.

I.3.4.2. Activation chimique

C'est un procédé qui met en jeu un agent chimique (oxydant fort) tel que l'acide phosphorique, l'acide chlorhydrique, l'hydroxyde de potassium etc., qui favorise la déshydratation, puis une réorganisation structurale à des températures plus faibles que dans le procédé d'activation physique. Le matériau est imprégné par exemple avec l'agent acide qui est H_3PO_4 afin d'améliorer le développement d'une structure poreuse suivi d'un traitement thermique [13].

L'inconvénient de l'activation chimique est l'incorporation d'impuretés ce qui peut affecter les propriétés chimiques du matériau en considération. Le réactif chimique restant dans les pores du charbon obtenu est généralement éliminé ce qui traduit par une porosité plus large du produit final [14].

I.3.5. Structure poreuse d'un charbon actif

Les pores sont classés selon leur diamètre en trois types de porosité selon la classification de l'IUPAC [15] :

- Micropores : largeur inférieure à 2 nm.
- Mésopores : largeur entre 2 nm et 50 nm.
- Macropores : largeur supérieure à 50 nm

I.3.6.Caractérisation des charbons actifs

Avant leur utilisation, les charbons actifs préparés passent par une série de caractérisations telles que :

I.3.6.1.Analyse IRTF

Parmi les techniques de caractérisation qui permettent d'atteindre une connaissance approfondie des matériaux fonctionnels et d'envisager leur optimisation en vue d'être appliqués, la technique de spectrométrie Infrarouge est une méthode éprouvée, simple et rapide, qui fournit des informations sur la nature chimique et les propriétés physico-structurales du matériau.

I.3.6.2.Indice d'Iode

L'indice d'Iode est la masse d'iode adsorbée par gramme de charbon actif ($\text{mg d'I}_2/\text{g de CA}$) lorsque la concentration à l'équilibre est de 0,02 normale (ASTM D4607, LAS2752). L'indice d'Iode est aussi une mesure du volume poreux présent pour le domaine de diamètre de 10 à 28 Å. Des charbons actifs ayant un indice d'Iode élevé conviendraient pour l'adsorption à partir de solutions aqueuses des substances de faibles poids moléculaires. La molécule d'iode ayant une surface de $4,4 \text{ Å}^2$, correspondant aux pores de diamètres moins de 10Å. Cet indice est très important pour la caractérisation des charbons actifs, parce qu'il donne une indication essentielle sur la surface disponible pour les substances de petite taille (micropores) [16].

I.3.6.3.Indice de Bleu de Méthylène

L'indice de Bleu de Méthylène est le nombre de milligrammes du Bleu de Méthylène adsorbés par un gramme de charbon actif lorsque la concentration à l'équilibre du Bleu de Méthylène est égale à 1 mg/L. Ce dernier donne une indication sur la surface disponible pour les adsorbants micro et méso poreux. La surface occupée par une molécule de Bleu de Méthylène est de 130 Å^2 [17].

I.3.6.4. pH du Point de zéro charge pH_{PZC}

C'est le pH de la solution en équilibre avec le matériau, et qui correspond à une densité de charge électrique totale nulle.

Chapitre 2

Etude expérimentale (Matériel et méthodes)

II.1. L'objectif

Le but de cette étude de caractériser un charbon actif préparé au laboratoire est d'étudier sa performance dans l'élimination d'un colorant cationique qui est le Bleu de Méthylène.

II.2. Matériels et méthodes

II.2. 1. Préparation de charbon actif

La préparation de charbon actif comprend deux étapes, la première étape est l'imprégnation d'une masse de précurseur dans un volume de 100mL de KOH sous agitation continue pendant 24 h à une température de 25°C. La deuxième étape consiste en la pyrolyse à une température de 800°C pendant un temps de 3h du matériau obtenu après séchage à 70 °C dans l'étuve pendant un temps suffisant.

Après refroidissement, le charbon actif a été lavé avec de l'acide chlorhydrique (HCl 0,1 M), rincés plusieurs fois avec de l'eau distillée dans un Soxhlet jusqu'à atteindre un pH de 7. Ensuite le charbon actif préparé a été séché à l'étuve à 110°C pendant 24 h, broyé à l'aide d'un broyeur Vierzen Crosshop et tamisé à un diamètre <0,071 mm, pour être utilisés.

II.2.2. Caractérisations du charbon actif

II. 2. 1.1. Le pH du point de charge zéro (pH_{PZC})

Le pH_{PZC} est défini comme étant le pH pour lequel il y a absence de charge positive ou négative à la surface du charbon actif.

Une masse de 0,15 mg de chaque adsorbant a été introduite dans une solution aqueuse de NaCl (50 ml à 0,01 mol/L) et le pH a été ajusté à des valeurs initiales successives entre 2 et 12. Les suspensions ont été agitées durant 48h et le pH final a été mesuré et tracé en fonction du pH initial. Le pH_{PZC} est déterminé à la valeur pour laquelle le pH_{final} est égal au pH_{initial}.

II.2.1.2. Indice d'Iode

L'indice d'Iode fournit une indication sur la microporosité du charbon actif. C'est le nombre de milligrammes d'iode adsorbés par gramme d'adsorbat à une concentration résiduelle de 0,02N.

II.2.1.3 Préparation des solutions

Pour préparer une solution d'iode de concentration 0,1 N. On pèse 19,1 g d'iodure de potassium cristallisé et on les dissout dans une quantité d'eau, la plus faible possible. Après, on pèse 12,69 g d'iode sublimé et on le rajoute à l'iodure de potassium se trouvant dans la fiole jaugée, ensuite on agite, la fiole étant fermée, jusqu'à ce que l'iode se dissolve

Complètement. On complète alors avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge (1 L). Enfin, on laisse la solution à l'abri de la lumière avant son utilisation.

Pour préparer une solution de thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, de concentration 0,1 N, on introduit 24,817 g de ce sel dans une fiole jaugée d'un litre. On ajoute un peu d'eau distillée jusqu'à ce que le thiosulfate se dissolve, puis on complète jusqu'au trait de jauge et on agite rigoureusement.

* Détermination de l'indice d'Iode

Pour déterminer l'indice d'Iode de chaque charbon actif, il faut :

- Une solution d'acide chlorhydrique de concentration 5%,
- Une solution d'iode 0,1 N fraîchement préparée,
- Une solution de thiosulfate de sodium de concentration 0,1 N,
- Amidon
- Peser 0,2g de l'échantillon qui a été séché auparavant à 150°C dans l'étuve pendant 3h, le transposer dans un flacon, ajouter 10 mL de HCl et remuer doucement jusqu'à ce que l'échantillon soit complètement mouillé, porter à ébullition pendant 30 secondes, laisser refroidir à température ambiante, transposer 100 mL de la solution d'iode dans le flacon, le boucher immédiatement et agiter pendant 30 secondes rigoureusement, filtrer, ensuite écarter les 20 à 30 mL du filtrat et récupérer le reste dans un bécher. Pipeter 50mL du filtrat dans un Erlenmeyer propre, titrer avec $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ jusqu'à ce que la solution devienne jaune pâle, ajouter 2 mL d'amidon et titrer goutte à goutte jusqu'à ce que la solution devienne transparente, noter le volume final de thiosulfate ajouté V_1 .

L'indice d'iode sera donc, déterminé par la relation suivante :

$$\text{Indice d'Iode (mg/g)} = \frac{[(V_2 - V_1) \cdot N \cdot 126,93]}{m} \quad (10)$$

m : la masse de charbon actif (g).

N : normalité de thiosulfate (N).

V_2 : le volume de thiosulfate pour le titrage à blanc (mL).

V_1 : le volume de thiosulfate après adsorption (mL).

II.2.1.3.1. Indice du Bleu de Méthylène

L'indice du Bleu de Méthylène est le nombre de milligrammes du Bleu de Méthylène adsorbés par un gramme de charbon actif. Il a été déterminé suivant la norme Chemviron-Carbone Company Method TM-11 dans laquelle on détermine l'adsorption du filtrat contenant la concentration résiduelle du Bleu de Méthylène après un contact de 30 minutes

avec le charbon actif. L'indice de Bleu de Méthylène représente la quantité en mg/g adsorbée par le charbon actif testé

$$\text{Indice BM (mg/g)} = \frac{(1200 - C_{\text{eq}}) \cdot V}{m \cdot 1000} \quad (11)$$

m : la masse du charbon actif (g), V : le volume de solution (mL).

II.2.1.3.2. Rendement d'activation

Le rendement de synthèse des charbons actifs est défini comme le rapport du poids du charbon actif obtenu (m_1) à celui de la matière sèche (m_0).

$$\text{Rendement} = \frac{m_1}{m_0} \times 100 \quad (12)$$

II.3. Application à l'adsorption

Le colorant choisi dans cette étude est le Bleu de Méthylène.

II.3.1. Bleu de méthylène

Comme tout colorant, le BM se caractérise par sa persistance, sa toxicité et son pouvoir d'accumulation dans le milieu naturel. Sa présence dans les systèmes aquatiques, même à faible concentration, réduit la pénétration de la lumière et a donc un effet néfaste sur la photosynthèse. 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.

Les caractéristiques physico-chimiques de notre adsorbat, sont regroupées dans le tableau II.1.

Sa forme développée est donnée sur la figure II.2.

Tableau. I. 1 : Propriétés physiques et chimiques du bleu de méthylène

Propriétés	Bleu de méthylène
Formule brute	C ₁₆ H ₁₈ ClN ₃ S
Masse molaire	319,85
Etat physique	Un solide cristallisé
Aspect	Cristaux bleu foncé
Odeur	Inodore
Solubilité	40 g/l à 20°C
Absorbance maximale	665 nm

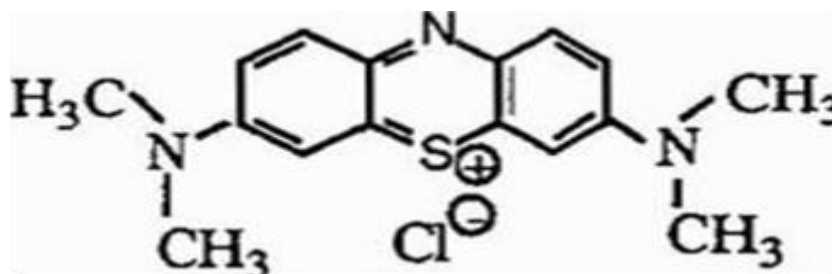


Figure. II 2. Formule développée de BM

II.3.2.Etablissement de la courbe d'étalonnage

La méthode consiste à préparer d'abord la solution mère I (SMI) de concentration 1000 mg/L à partir de laquelle nous avons préparé une solution mère II (SMII) de concentration 100mg /L, de cette solution toute une gamme de solutions de concentration bien déterminée ont été préparées par dilution à l'eau distillée dans des fioles de 50 ml et ensuite analysées par spectrophotométrie afin de déterminer leurs absorbances qui nous permettra d'établir la courbe d'étalonnage du colorants.

II.3.3.Etude des paramètres influençant l'adsorption

Les paramètres d'adsorption le temps de contact, la dose de l'adsorbant, et le pH de la solution ont été étudiées ; Les essais d'adsorption ont été réalisés en système batch.

II.3.3.1.Effet du temps de contact

Afin d'étudier l'effet de temps qu'il faut pour que l'équilibre d'adsorption de BM sur le charbon actif soit atteint, nous avons suivi ces étapes : dans une série de béchers, nous avons introduit 0,01 g de charbon actif dans 25 ml de BM de concentrations 20 et 100mg/L, L'ensemble est agité pendant 30 à 180 minutes. La séparation a été effectuée par centrifugation à l'aide d'une centrifugeuse, pendant 15 minutes. Les concentrations résiduelles du BM ont été déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre.

II.3.3.2. Effet de la dose

Dans le but d'étudier l'influence de la dose de l'adsorbant sur la capacité d'adsorption, nous avons suivi les étapes suivantes : dans une série de béchers contenant 25mL de la solution de BM successivement on a introduit différentes masses 0,01 ; 0,015 ; 0,020 ; 0,025 et 0,030 g de charbon actif , L'ensemble est agité séparément pendant un temps de contact déterminé précédemment. Après filtration, la solution a été analysée afin de déterminer sa concentration qui permettra la détermination du pourcentage d'élimination de la substance à fixer.

II.3.3.3. Effet de pH

Le pH joue un rôle primordial dans l'étude des phénomènes d'adsorption des colorants sur des substrats minéraux, Le potentiel de charges de surface des adsorbants, le comportement de l'adsorbat et le mécanisme d'interaction entre le colorant et l'adsorbant utilisé changent selon le pH de la solution..

Dans une série de béchers, on a introduit successivement 25 mL de solution de BM de concentration connue ajustée à l'un des pH, dans le cas échéant avec l'hydroxyde de sodium ou l'acide chlorhydrique concentration (0,1 N) auxquelles nous avons ajouté une masse optimale Le mélange est agité pendant un temps déterminé, puis filtré et analysé par spectrophotométrie.

II.3.3.4. Isotherme d'adsorption

Dans une série de béchers on a introduit successivement 0,015g de charbon actif avec 25 mL de BM de concentration initiale C_0 allant de 10 à 60 (mg /L), le mélange est agité pendant un temps de contact de 2 heures, puis filtré et analysé. La quantité adsorbée (x/m) est Déterminée par l'équation suivante :

$$x/m = [(C_0 - C_e)/m \cdot 1000] \cdot V \quad (13)$$

II.3.3.5. Etude cinétique

Afin d'étudier la cinétique d'adsorption, des expériences d'adsorption ont été réalisées à un pH donné avec des concentrations de polluant étudiés fixes.

Un volume de 25 mL de solution est mis en contact avec la dose optimale et on fait alors varier le temps de contact (15, , 30, 45,60,90, et 120 min).

Chapitre 3

Résultats et discussions

III.1. Caractérisation de charbon actif

III.1.1. pH du point de charge zéro pH_{PZC} .

L'adsorption de soluté sur une surface solide dépend fortement du pH de la solution ainsi que du pH_{PCZ} de la surface de l'adsorbant utilisé.

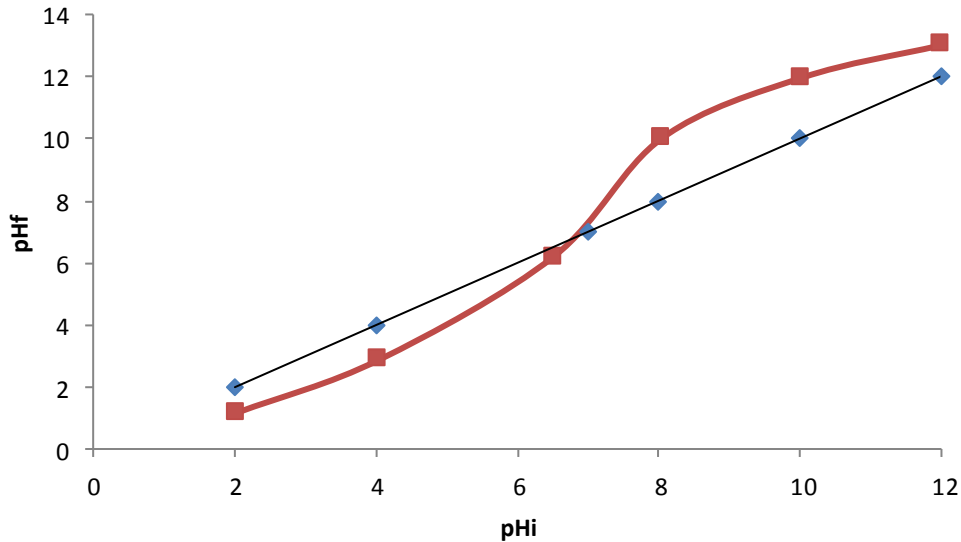


Figure III.3. Détermination de point de charge nulle

D'après la figure II.2 Le pH_{PZC} est de 6,56. Aux valeurs de $pH > pH_{PZC}$, la surface devient chargée négativement donc l'adsorption de colorant basiques le BM est favorable.

III.1.2. Rendement

La température de la pyrolyse 800°C pendant 3h responsable de la perte de masse de la biomasse s'accompagnant par un dégagement d'une grande quantité de matières volatiles, diminuant considérablement ainsi la quantité du charbon actif ce qui traduit par un rendement de 41,1%.

III.1.3. Indice d'iode et Indice de Bleu Méthylène

La figure ci-dessous présente les résultats de l'indice d'iode et l'indice de Bleu Méthylène

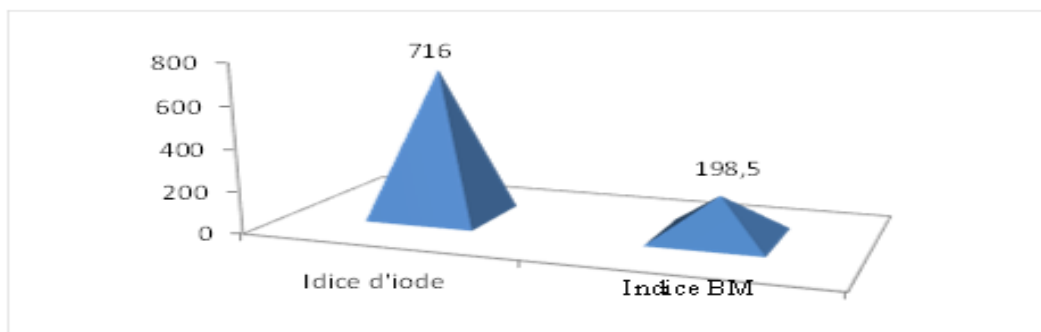


Figure III.4. Représentation graphique de l'indice d'iode et
L'indice de Bleu Méthylène de CA

Les résultats obtenus montrent que le charbon actif présente une valeur d'indice d'iode de 716 mg/g, ce qui traduit une microporosité importante comparativement avec la valeur de l'indice de BM qui est 198,5 mg/g. On peut conclure que le charbon actif a une surface hétérogène.

III.2. La courbe d'étalonnage du bleu de méthylène

Les absorbances des solutions de bleu de méthylène précédemment préparées sont mesurées à 665 nm. Le tableau II.2 illustre les résultats de cette mesure qui permet de tracer la courbe d'étalonnage montrée dans la figure

Tableau. III. 2 : Etablissement de la courbe d'étalonnage

C (mg/L)	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5
Abs	0	0,209	0,304	0,4	0,475	0,616	0,692	0,776	0,852

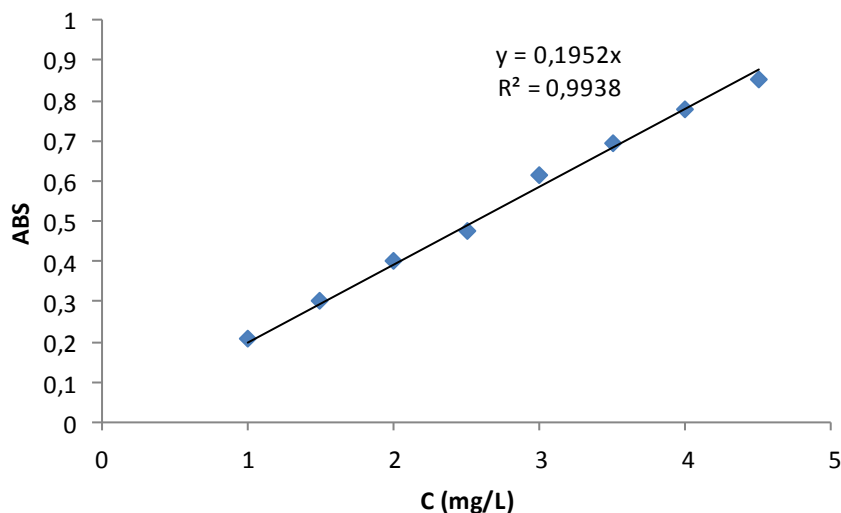


Figure. III .5. La courbe d'étalonnage de le BM

L'équation de la droite donnant l'absorbance en fonction de la concentration du BM est $A = 0,1952 \times C$, avec un coefficient détermination $R^2 = 0,99$ ce qui peut être considéré comme un bon ajustement linéaire

III.3. Effet de temps sur l'adsorption

Les résultats de l'étude de l'effet du temps sur l'élimination du Bleu de Méthylène sont mentionnés dans le tableau II.3 et représentés graphiquement sur la figure II.5

Tableau. III.3 : étude du temps d'équilibre de l'adsorption de BM

	Temps (min)	30	60	90	120	180
Co=20 mg/L	Ceq (mg/L)	4,087	3,292	2,230	1,148	0,953
	Taux %	79,56	83,54	88,85	94,26	95,23
Co=100mg/L	Ceq (mg/L)	15,08	14,83	14,68	15,13	15,38
	Taux d'élimination %	84,92	85,17	85,32	84,87	84,62

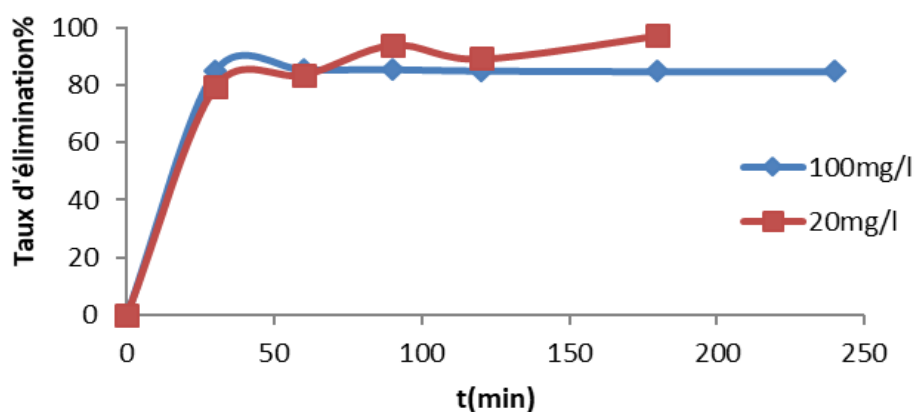


Figure III.6. Effet du temps sur l'adsorption de BM

On remarque que le taux d'adsorption de BM augmente avec le temps jusqu'à atteindre la saturation, on observe une stabilité pour les deux concentrations 20 et 100 mg/L à partir de 120 minutes, qui est le temps d'équilibre de l'adsorption.

III.4. l'effet de dose de l'adsorption de BM

Le tableau II.4 regroupe les résultats de l'effet de la dose sur l'adsorption de BM ($C_0=20\text{mg/L}$) par le CA

Tableau. III. 4: l'effet de la dose sur l'adsorption de BM

Dose (g/L)	0,4	0,6	0,8	1	1,2
Abs	0,469	0,447	0,435	0,434	0,432
Ceq (mg/L)	2,41	2,29	2,23	2,23	2,22
Taux élimination %	87,97	88,54	88,85	88,87	88,92

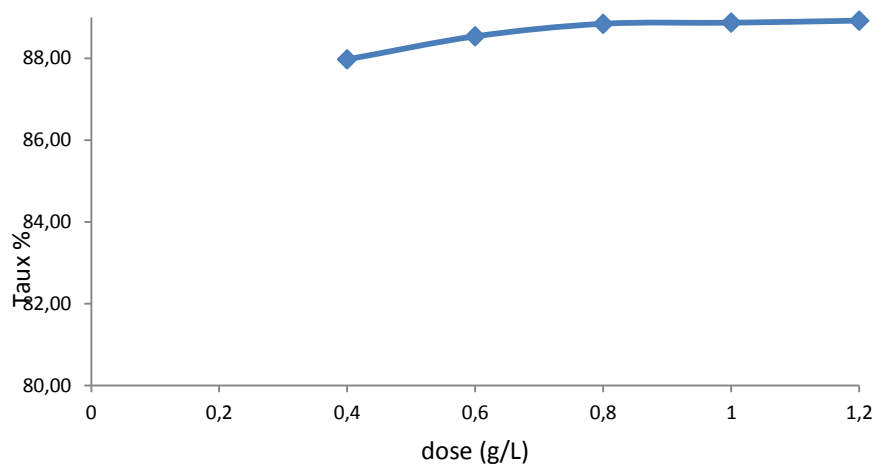


Figure III.7. Effet de la dose sur l'adsorption de BM.

La figure II.7 montre que le pourcentage d'élimination augmente avec l'augmentation de la dose de l'adsorbant jusqu'à atteindre un palier d'équilibre.

La dose optimale pour l'adsorption du colorant étudié 0,6 g/L.

III.5.Effet du pH sur l'adsorption du BM

Les résultats de l'adsorption du BM en fonction de pH sont représentés dans le tableau II.5 et représentés graphiquement sur la figure II.7

Tableau. III. 5: Etude de l'influence du pH sur l'adsorption de BM

pH	2	4	6	8	10
Abs	0,075	0,097	0,130	0,196	0,230
Ceq (mg/L)	0,38	0,50	0,67	1,01	1,18
Taux élimination %	98,08	97,51	96,67	94,97	94,10

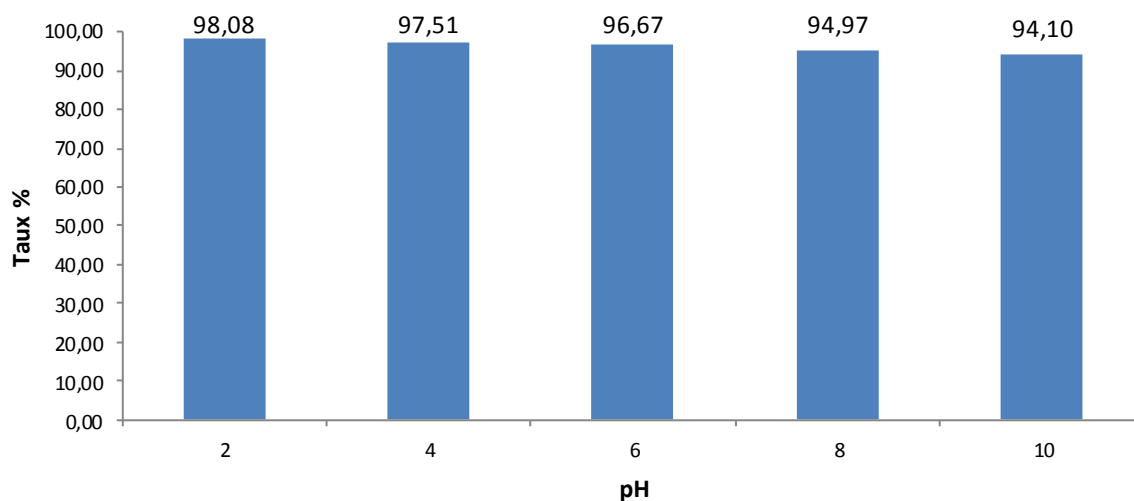


Figure.III.8.l'effet de pH sur l'adsorption de BM

D'après la figure II.8 on remarque que le taux d'élimination en fonction de pH de solution varie entre 94,10% et 98,08% on remarque que le pH n'a pas une grande influence sur la quantité adsorbée du BM et par conséquent sur le taux d'élimination.

III.6.Isotherme d'adsorption de BM

Les résultats de l'isotherme d'adsorption de BM sont regroupés dans le tableau suivant :

Tableau III. 6 : Resultatsde l'isotherme d'adsorption de BM sur CA

Co (mg/L)	5	10	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Ce (mg/L)	0,538	0,56	0,64	0,66	0,75	2,11	6,35	9,33	13,59	15,74	0,538
x/m(mg/g)	7,44	15,73	32,26	40,56	48,7	54,8	56,07	59,44	60,68	65,43	69,15
Ce/(x/m) (g/L)	0,07	0,04	0,02	0,02	0,02	0,04	0,11	0,16	0,22	0,24	0,27
ln(Ceq)	-0,62	-0,57	-0,44	-0,41	-0,28	0,75	1,85	2,23	2,61	2,76	2,92
ln(x/m)	2,01	2,76	3,47	3,70	3,89	4,00	4,03	4,09	4,11	4,18	4,24

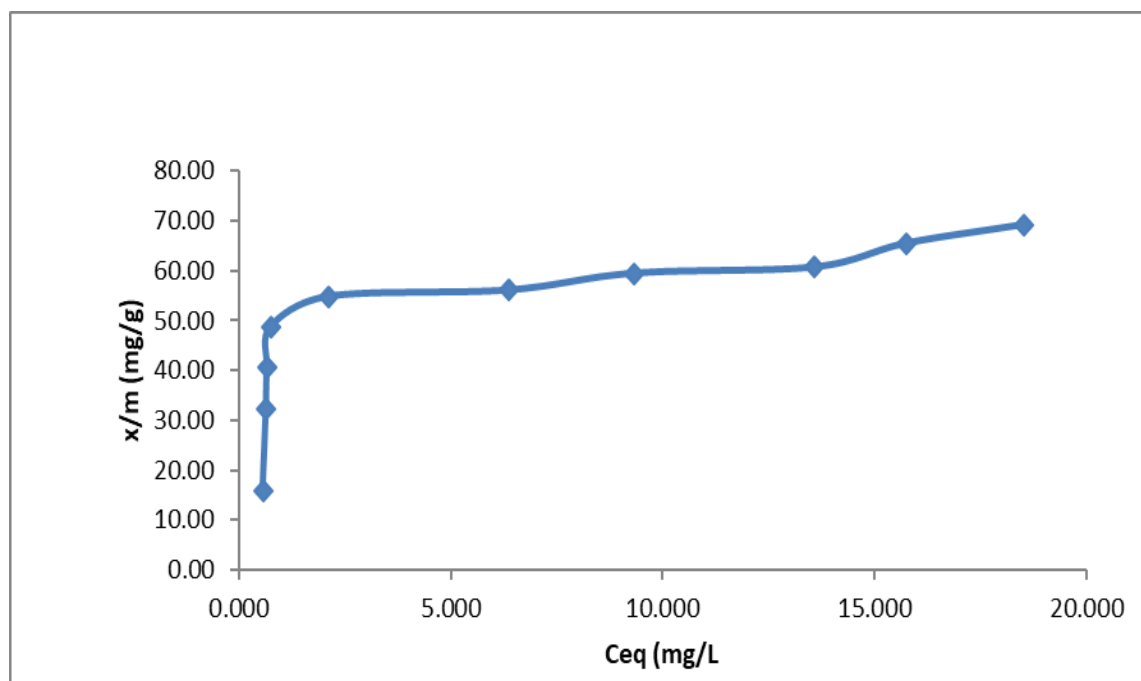


Figure III. 9. isotherme d'adsorption de BM

La courbe d'isotherme d'adsorption de BM montre une augmentation de la quantité de colorant adsorbé avec la concentration à l'équilibre. La partie initiale de l'isotherme est presque verticale. Elle croît ensuite progressivement jusqu'à atteindre un palier l'équilibre.

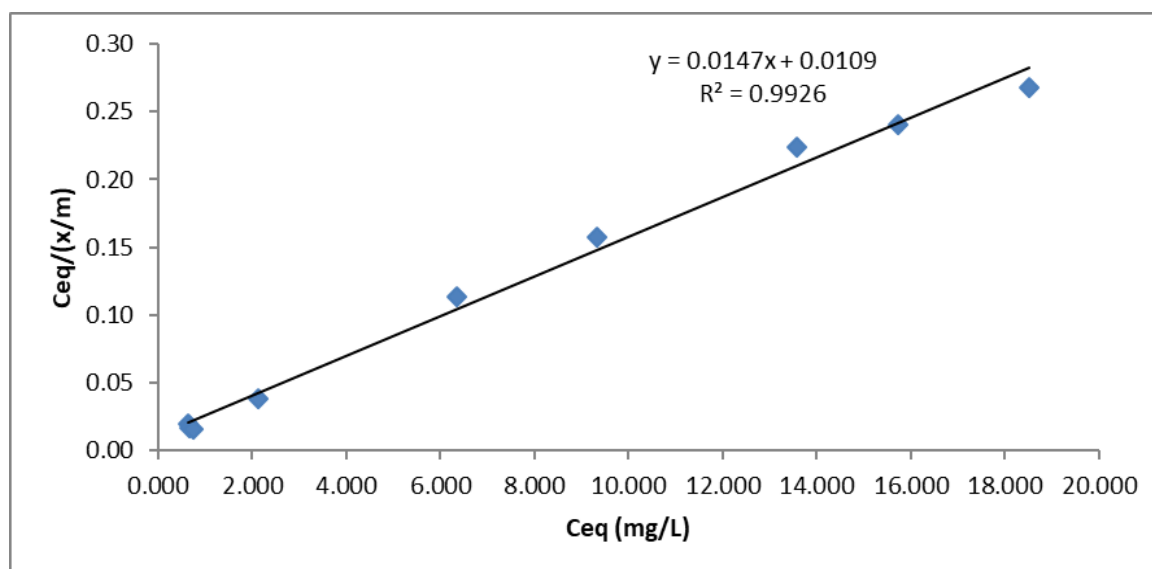


Figure III. 10: Représentation de Langmuir pour l'adsorption de BM

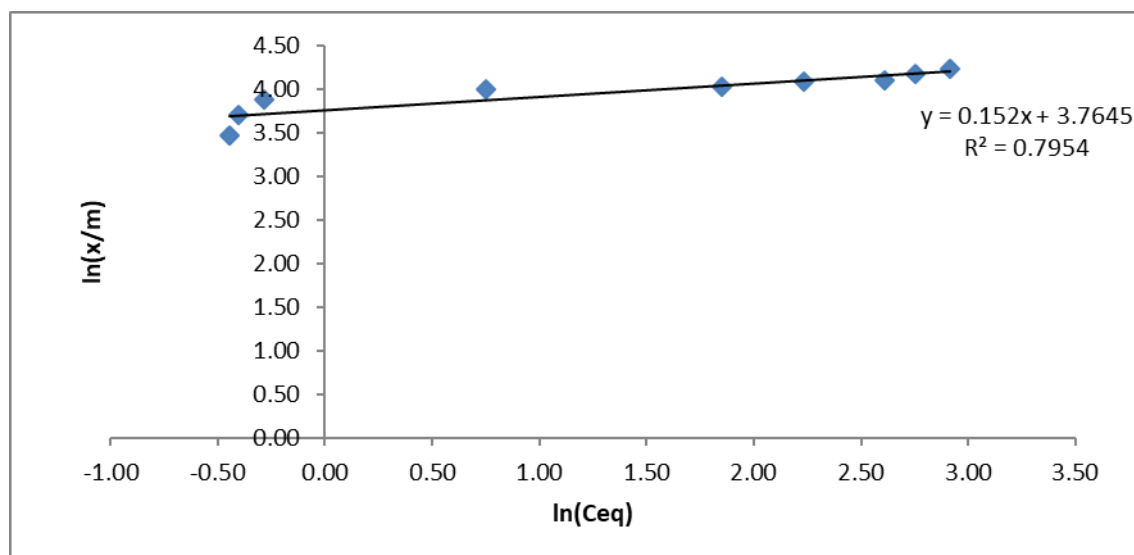


Figure III. 11 : isotherme d'adsorption de BM selon le modèle de Freundlich

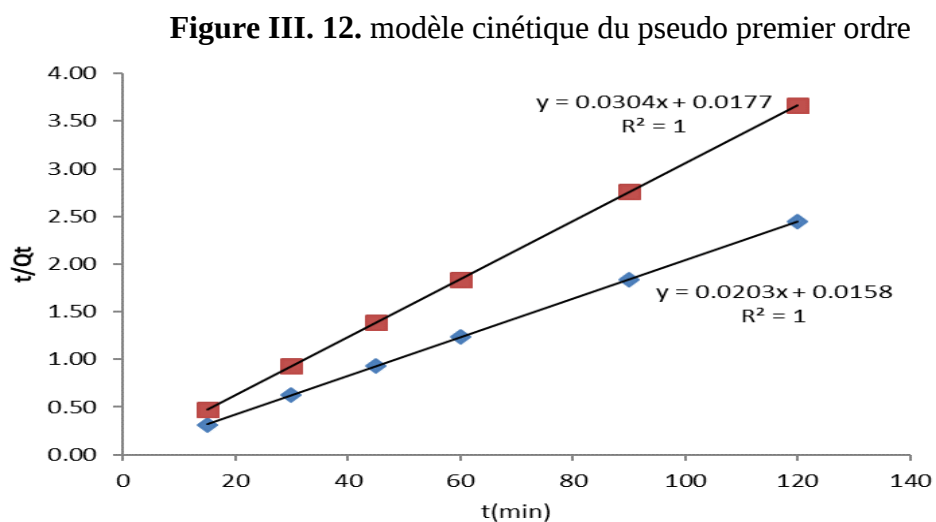
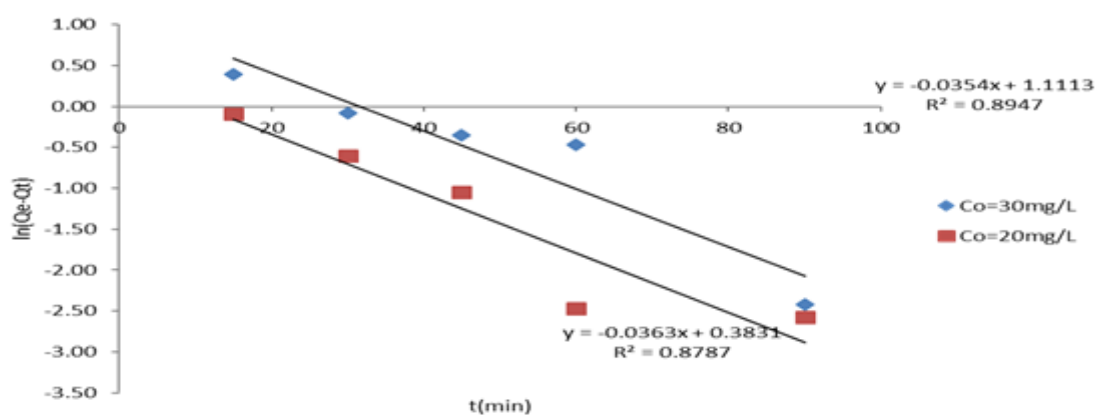
La figure II.10 montre que l'adsorption de BM par le charbon actif préparé suit parfaitement le modèle de Langmuir avec un coefficient de détermination de 0,99 et une capacité d'adsorption de 71,42 mg/g et la figure II.11 le modèle de Freundlich ne décrit pas l'élimination de BM vu le faible coefficient de détermination 0,79

III.7. Etude cinétique de l'adsorption de BM

Les résultats de la cinétique de l'adsorption de BM sont représentés dans le tableau II.7 et représentés graphiquement sur les figures suivantes :II.12, II.13, II.14

Tableau III.7 : étude cinétique de l'adsorption de BM

	Temps (min)	15	30	45	60	90	120
Co=20 mg/L	Qt(mg/g)	31,79	32,15	32,35	32,62	32,62	32,70
	Qe(mg/g)	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70	32,70
	Ln (Qe-Qt)	-0,09	-0,60	-1,05	-2,47	-2,58	
	t/Qt (min*g/ mg)	0,47	0,93	1,39	1,84	2,76	3,67
Co=30 mg/L	Qt(mg/g)	47,61	48,15	48,38	48,45	48,99	49,08
	Qe(mg/g)	49,08	49,08	49,08	49,08	49,08	49,08
	Ln (Qe-Qt)	0,39	-0,08	-0,35	-0,47	-2,42	-5,78
	t/Qt (min*g/ mg)	0,32	0,62	0,93	1,24	1,84	2,45



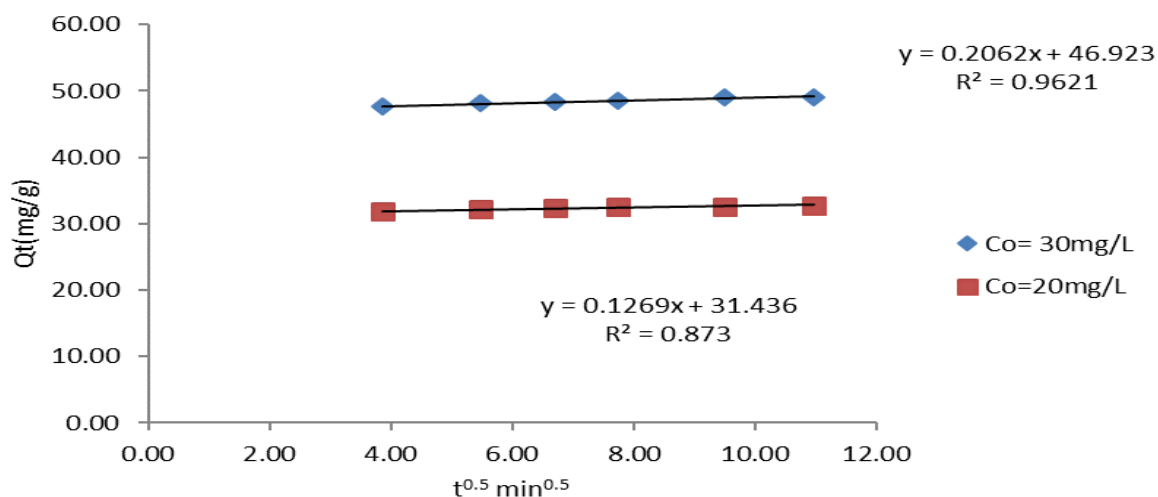


Figure III. 14. Modèle cinétique de diffusion intra particulaire

Tableau III.8. Tableau récapitulatif des constantes des model cinétique

modèle	Pseudo 1 ^{er} ordre			Pseudo 2 ^{ème} ordre			Diffusion Intraparticule			Qe(exp) (mg/g)
	K1 (min)	Qecal (mg/g)	R ²	K ₂ (g/mg.min)	Qecal (mg/g)	R ²	Ki (mg/g.mi n ^{1/2})	C (mg/g)	R ²	
Co=20 mg/L	0,082	1,46	0,878	0,05	33,33	1	0,126	31,43	0,873	32,70
Co=30 mg/L	0,08	3,03	0,894	0,026	50	1	0,206	46,92	0,962	49,08

Pour l'étude cinétique pseudo-premier ordre, les valeurs de coefficient de détermination R^2 sont faibles et les deux valeurs des capacités maximales d'adsorption expérimentale et calculé sont largement différentes, ce qui élimine le modèle du pseudo premier ordre.

L'étude cinétique du pseudo-deuxième ordre appliqué à cette étude. On remarque que les valeurs des coefficients de déterminations R^2 sont égale à 1 on remarque aussi que les deux valeurs des capacités maximales d'adsorption expérimentale et graphique sont très proches et par conséquent on peut conclure que l'adsorption du BM est régie par une cinétique du deuxième ordre.

D'après le tableau ci-dessus pour le modèle de diffusion intra particulaire on remarque que les coefficients de détermination R^2 inférieur à 0,90 mais les quantités adsorbées expérimentales et calculées sont proche on peut conclure que ce modèle décrit la cinétique d'adsorption du BM par le charbon actif préparé.

Conclusion

Conclusion générale

Cette étude avait pour objectif d'évaluer la possibilité de préparer un charbon actif par activation chimique d'une biomasse avec un agent oxydant KOH dans le but d'éliminer un colorant cationique qui est le Bleu de Méthylène.

Le rendement de cette activation est de 41,1% ,une valeur de pH_{zpc} de 6,53 et une valeur d'indice d'iode de 716 mg/g et une valeur d'indice de Bleu de Méthylène de 198,5 mg/g qui indique une surface hétérogène du charbon actif.

Les résultats des paramètres influençant l'adsorption du Bleu de Méthylène sont un temps d'équilibre de 2h , une masse optimale de 0,015g de charbon actif et le pH n'a pas une influence significative sur le taux d'élimination du colorant.

L'adsorption de Bleu de Méthylène suit parfaitement le modèle de Langmuir avec un coefficient de corrélation de 0,99 et une capacité maximale d'adsorption de 71,42 mg/g, Le modèle de Freundlich ne décrit pas cette adsorption.

L'adsorption de Bleu de Méthylène est régit par une cinétique d'ordre deux et la diffusion intra particulaire commande cette adsorption.

En conclusion générale, nous pouvons dire que le charbon actif préparé peut être utilisé dans le traitement des eaux polluées, notamment les eaux de rejets industriels, contribuant ainsi à la protection de l'environnement qui reste un défi à relever pour les générations futures.

Références bibliographiques

Référence bibliographiques

- [1] Blieffert C., Perraud R. Chimie de l'environnement, air, eau, sols, déchets, Paris DeBoeck Université, (2001).
- [2] Rodriguez, G., Lama, A., Rodriguez R., Jiménez, A., Guillén, R., L., Fernandez-Bolanos, J., Olive stone an attractive source of bioactive and valuable compounds, Bioresour, Technol, , 99, (2008).
- [3] Baquero, M.C., Giraldo, L., Moreno, J.C., Suarez-Garca, F., Martnez-Alonso, A., Tascon, J.M.D, Activated carbons by pyrolysis of coffee bean husks in presence of phosphoric acid, J, Anal, Appl, Pyrolysis, 70, (2003).
- [4] Hirata, M., Kawasaki, N., Nakamura, T., Matsumoto, K., Kabayama, M., Tamura, T., Tanada, I, Adsorption of dyes onto carbonaceous materials produced from coffee grounds by microwave treatment, J, Colloid, Int, Sci, , 254, (2002).
- [5] Tsunoda, R., Ozawa, T., J.-I, Ando, Ozone treatment of coal and coffee grounds based active carbons: water vapor adsorption and surface fractal micropores, J, Colloid, Int, Sci, 205, (1998,).
- [6] Nakamura, T., Tokimoro, T., Kawasaki, N., Tanada, S, Decolorization of acidic dye by charcoal from coffee grounds, J, Health, Sci, , 49, (2003).
- [7] Yagmur, E., Ozmak, M., Aktas, Z, A novel method for production of activated carbon from waste tea by chemical activation with microwave energy, Fuel, 87 (2008).
- [8] Valix, M., Cheung, W.H., McKay, G, Preparation of activated carbon using low temperature carbonization and physical activation of high ash raw bagasse for acid dye adsorption, Chemosphere, 56, (2004).
- [9] Laine, J., Calafat, A., Labady, M, Preparation and characterization of activated carbons from coconut shell impregnated, Carbon, 27, (1989).
- [10] H. Zollinger, Color chemistry, Syntheses, properties and applications of organic dyes and pigments. VCH, 1987.
- [11] P. Cooper, Colour in dyestuff effluent, the society of dyers and colourists, Oxford: Aden Press, 1995.
- [12] Henri, NOZET, Textiles chimiques Fibres modernes éditions eyrolles, 61, boulevard Saint-Germain – 75005 PARIS.
- [13] M. Capon, V. Courilleu, C. Valette, Chimie des couleurs et des odeurs, Nantes, Culture et technique, 1999.
- [14] R. Perrin, J. Pscharff, « Chimie industrielle », 2^{ème} Edition Dunod, Paris, (1999).
- [15] Vander Zee F.P, « Anaerobic azo dye reduction », thèse doctorat ; Wageningen University, The Netherlands (2002).

Référence bibliographiques

[16] Zille.A, « Laccase Reaction for Textile Application », thèse Doctorat; University of Engenharia(2005) .

[17] Bizani E.,Fytianos K.,Poulios I.,Tsidiris V., « Photocatalytic decolorization and degradationof dye solution and wastewaters in thr presence of titanium dioxide » ;j.Hazardous Materials , 136,(2006).