

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

UNIVERSITE AHMED DRAIA  
-ADRAR-



جامعة أحمد دراية- أدرار

Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département des Sciences de la Matière

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme de Master en  
Chimie de l'environnement  
Option : Chimie de l'Environnement

## Thème

Étude de l'élimination d'un polluant  
organique par le charbon actif en milieu  
aqueux

Présenté Par :

*M<sup>me</sup>. MERABTI ZOHRA*  
*M<sup>me</sup>. CHARIHAFSSA*

Devant le jury composé de:

M <sup>r</sup> . I. ARBAOUI	Président	MCA	Université Ahmed Draia-Adrar
M <sup>lle</sup> . H. GAFFOUR	Examinateur	MCB	Université Ahmed Draia -Adrar
M <sup>r</sup> . O. FANDOUGUMA	Examinateur	MAA	Université Ahmed Draia -Adrar
M <sup>lle</sup> . Y. CHERGUI	Promoteur	MCB	Université Ahmed Draia -Adrar

Année Universitaire 2021/2022



## شهادة الترخيص بالإيداع

انا الأستاذ(ة): بشرقي بسمينة  
المشرف مذكرة الماستر الموسومة بـ: Étude de l'élimination d'un polluant  
Organique par le Charbon actif en milieu aqueuse

من إنجاز الطالب(ة): مرابي الزهراء

و الطالب(ة): شاري حفيصة

كلية: العلوم والتكنولوجيا

القسم: علوم الحصاد

التخصص: البيولوجيا

تاريخ تقييم / مناقشة: 2022/06/09

أشهد ان الطلبة قد قاموا بالتعديلات والتصحيحات المطلوبة من طرف لجنة التقييم / المناقشة، وان المطابقة بين  
النسخة الورقية والإلكترونية استوفت جميع شروطها.  
وإمكانهم إيداع النسخ الورقية (02) والإلكترونية (PDF).

ادرار في: 2022/06/03

- امضاء المشرف:

مساعد رئيس القسم:



## *Remerciements*

Tout d'abord, je remercie Dieu Tout-Puissant de nous avoir donné la volonté et le courage d'arriver au bout de cet humble travail.

Je remercie très sincèrement mon promoteur, Docteur **CHERGUL. Y** pour sa supervision, sa riche contribution et ses précieux conseils pour nous aider à réaliser ce travail.

Je remercie le professeur **ARBAOUL. I** pour l'honneur qui m'a fait en acceptant de présider mon jury de thèse. Mes remerciements vont également aux membres de jury Monsieur **GAFOUR. H** et **FANDOUGOUMA. O** pour avoir accepté d'examiner cette étude de recherche :

J'adresse ma profonde gratitude à tous mes instituteurs et enseignants durant mon cursus universitaire, sans oublier les chefs et les membres du personnel des organismes ci-après :

- Laboratoire de l'Université Ahmed Draïa, Adrar ;
- Laboratoire de ressource naturelle saharienne, Adrar (LRNS) ;
- Département des sciences naturelles et de la vie, Université Ahmed Draïa, Adrar.

Je remercie chaleureusement mes collègues pour leur soutien technique et moral, qui ont été à mes côtés dans les moments les plus difficiles.

**MERCI**

## ***Dédicace***

*Je dédie cet humble travail à ma mère bien-aimée, qui m'a comblé de ses prières*

*A mon père mon soutien dans la vie*

*A mon mari, la prunelle de mes yeux*

*A mes filles, mes bien-aimées, Assil et Anfal*

*A mes frères et mes sœurs*

*A ma tante ma deuxième mère*

*A mes nièces*

*A toute la famille CHARI*

***Hafssa***

## ***Dédicace***

*Je dédie cet humble travail à ma mère bien-aimée, source de tendresse et voie d'accès au ciel qui m'a inondé de ses prières.*

*A mon père, mon modèle dans la vie*

*A mon mari*

*A mes frères*

*A ma tante ma deuxième mère*

*A toute ma famille*

***Zohra***

## SOMMAIRE

Résumé .....	i
Liste des tableaux .....	ii
Liste des figures .....	iii
<b>Introduction générale</b>	
Introduction générale .....	1
<b>Chapitre I : Généralité l'adsorption</b>	
I.1. L'adsorption .....	3
I.2. Définition de l'adsorption .....	3
I.3. Types d'adsorption .....	3
I.3.1. Adsorption physique .....	3
I.3.2. Adsorption chimique .....	4
I.4. Cinétique d'adsorption .....	5
I.4. Modélisation de la cinétique d'adsorption .....	6
I.5.1. Modèle du pseudo premier ordre .....	7
I.5.2. Modèle du pseudo second ordre .....	7
I.5.3. Modèle de la diffusion intra-particulaire .....	8
I.5.4. Le modèle de la diffusion externe .....	8
I.6. Isothermes d'adsorption .....	8
I.6.1. Capacité d'adsorption .....	8
I.6.2. Adsorption à l'équilibre .....	9
I.7. Modèles d'isothermes .....	10
I.7.1. Isotherme de Langmuir .....	10
I.7.2. Modèle de Freundlich .....	11
I.7.3. Théorie de BET .....	12
I.7.4. Modèle de Temkin .....	12
I.8. Thermodynamique d'adsorption .....	13
I.9. Généralité sur les adsorbants .....	14
I.9.1. Définition d'un adsorbant .....	14
I.9.2. Type d'adsorbants .....	14
I.9.3. Le charbon actif comme adsorbants .....	15
I.10. Préparation du charbon actif .....	16
I.10.1. La pyrolyse (carbonisation) .....	16
I.10.2. L'activation .....	17
I.11. Utilisation du charbon actif .....	17
I.12. Les différentes formes du charbon actif .....	18
I.12.1. Les charbons actifs en grain .....	18
I.12.2. Les charbons actifs en tissu .....	18
<b>Chapitre II : Matériels et Méthodes</b>	
II.1. introduction .....	20
II.2. Matériels et appareillages .....	20
II.2.1. Matériels : .....	20

II.2.2. Les appareillages .....	
II.3. Les produits utilisés .....	20
II.4. Préparation des solutions. ....	22
II.5. Détermination de $\lambda_{\max}$ .....	22
II.6. La courbe d'étalonnage .....	23
II.7. Matériau adsorbant .....	23
I.12.3. Les charbons actifs en poudre .....	19
<b>Chapitre III : Résultats et discussions</b>	
III.1. Préparation de charbon actif.....	26
III.2. Préparation de colorant.....	26
III.3. Analyse quantitative .....	26
III.4. Effet de pH .....	26
III.5. Effet de masse d'adsorbant.....	27
III.6. Effet de concentration de l'adsorbant .....	29
III.7. Etude la cinétique d'adsorption (temps de contact).....	29
III.8. Modélisation de la cinétique d'adsorption.....	30
III.8.1. Modèle du pseudo premier order .....	31
III.8.2. Modèle du pseudo second order.....	32
III.8.3. Modèle de la diffusion intra_particulaire .....	33
III.8.4. Modèle de la diffusion externe .....	34
III.9. Modélisation des isothermes d'adsorption .....	35
III.9.1. Modèle de Freundlich.....	36
III.9.2. Modèle de Langmuir .....	37
III.9.3. Modèle de Temkin .....	38
III.10. Thermodynamique d'adsorption.....	38
Conclusion générale .....	40
Références .....	41

**Liste des tableaux**

<b>N°</b>	<b>Titre</b>	<b>Page</b>
Tableau 1	différences principales entre l'adsorption physique et chimique	05
Tableau 2	Caractéristiques des adsorbants utilisés dans l'industrie	14
Tableau 3	Résultats des paramètres du modèle pseudo premier ordre	31
Tableau 4	Résultats des paramètres du modèle pseudo seconde ordre	32
Tableau 5	Résultats des paramètres du modèle intra particulaire	33
Tableau 6	Résultats des paramètres du modèle de diffusion externe	34
Tableau 7	Résultats des paramètres du modèle Freundlich	36
Tableau 8	Résultats des paramètres du modèle Langmuir	37
Tableau 9	Résultats des paramètres du modèle Temkin	38
Tableau 10	Résultats des paramètres du modèle thermodynamique	39

**LISTE DES FIGURES**

<b>Figure</b>	<b>Titre</b>	<b>Pages</b>
Figure 1	Différentes étapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption sur un matériau microporeux ; d'après WEBER et SMITH	4
Figure 2	Différences formes d'isothermes d'adsorption	7
Figure 3	Modèle d'adsorption en monocouche	9
Figure 4	Modèle d'adsorption en multicouches	10
Figure 5	Charbon active	13
Figure 6	Charbon actif en grain	17
Figure 7	Charbon actif en tissu	17
Figure 8	Charbon actif en poudre	17
Figure 9	Spectrophotomètre UV visible	21
Figure 10	pH- mètre	21
Figure 11	Centrifugeuse.	22
Figure 12	Courbe d'étalonnage du colorant de textile	23
Figure 13	Effet de pH sur l'adsorption du colorant sur charbon actif	27
Figure 14	Effet de la masse d'adsorbant sur la capacité d'adsorption de colorant	28
Figure 15	Effet de la concentration initiale sur la capacité d'adsorption par CA1 et CA2	29
Figure 16	Effet de temps sur la capacité d'adsorption par CA1 et CA2	30
Figure 17	Application du modèle pseudo premier ordre pour l'adsorption du colorant	31
Figure 18	Application du modèle pseudo seconde ordre pour l'adsorption du colorant	32
Figure 19	Application du modèle intra particulaire pour l'adsorption du colorant sur CA1 et CA2	33
Figure 20	Application du modèle diffusion externe pour l'adsorption du colorant sur CA1 et CA2	34
Figure 21	Isotherme d'adsorption du colorant sur charbon actif	35
Figure 22	Isotherme de Freundlich	36
Figure 23	Isotherme de Langumair	37
Figure 24	Isotherme de temkin	38





# *Introduction générale*

### INTRODUCTION GENERALE

Les ressources en eau sont l'un des besoins humains les plus fondamentaux et sont indispensables à presque toutes les activités économiques. Mais à travers ses divers usages, l'eau est souvent contaminée, rejetée dans le milieu naturel peut être généré sous forme d'effluents fortement pollués dans une certaine mesure de conséquences graves à court ou à long terme, tant sur le plan de la santé que de l'hygiène public ainsi que l'environnement et ont des répercussions économiques pas négligé. [1,2].

Généralement, le traitement des eaux résiduaires textiles est réalisé grâce à une association de procédés conventionnels, incluant généralement après une neutralisation, une étape biologique pour l'abattement de la matière organique et une décantation pour la rétention de la fraction particulaire. Toutefois, comme la rétention des colorants est incomplète, la qualité des eaux ne permet pas leur réutilisation ou leur renvoi dans le milieu récepteur. Par conséquent, le traitement doit intégrer une étape d'élimination quasi-totale de la couleur [1,2].

L'adsorption est l'une des techniques les plus utilisées pour cette élimination, facilement applicable sur le terrain et la plus rentable en terme de rapport performance /coût [3].

La technique de l'adsorption est la méthode la plus favorable pour l'élimination des colorants est devenue une méthode analytique de choix, très efficace et simple dans son utilisation [4]

Le principe du traitement par adsorption est de piéger les pigments par un solide s'appelé l'adsorbant, tels que (l'argile, déchets agricoles, sous-produits industriels, charbon actif...etc.) qui peuvent être utilisés pour éliminer les colorants [1,2].

Les propriétés d'adsorption des charbons actifs liées à leurs porosités et à leurs surfaces spécifiques sont exploitées dans de nombreuses applications en phase liquide ou gazeuse. Les applications en phase liquide comptent le traitement de l'eau potable, le traitement de nappes phréatiques et la décoloration [1,2].

Ces dernières années, les charbons actifs synthétisés, à partir des résidus d'agriculture ont été largement utilisés comme adsorbant pour traiter les effluents colorés en raison de leur

structure poreuse très importante, leur grande surface spécifique et leur grande capacité d'adsorption [1,2].

L'objectif principal de notre travail est l'étude de dépollution par charbon actif (commercial) d'une eau contaminée par le colorant.

Ce travail est divisé en deux chapitres.

- ✓ Le premier chapitre regroupe l'étude bibliographie sur l'adsorption et les différents matériaux utilisées pour l'élimination des polluants ;
- ✓ Le second chapitre regroupe tout les matériels et les différents méthodes expérimentales ;
- ✓ Le troisième chapitre est consacré a nos résultats obtenus et l'interprétation des modèles cinétiques, isotherme et thermodynamique.

Enfin, on termine par une conclusion générale, références bibliographies.



# *Chapitre I*

## *GÉNÉRALITÉ SUR L'ADSORPTION*

## **I.1. L'ADSORPTION :**

L'adsorption est un procédé de transfert de matière entre une phase liquide (ou gazeuse) chargée en composés organiques ou inorganiques et une phase solide, l'adsorbant. Pendant des décennies, les charbons actifs commerciaux ont été les principaux, voire les seuls adsorbants utilisés dans les filières de traitement d'eaux [5].

Les adsorbants utilisés dans la pratique sont caractérisés par une structure microporeuse qui leur confère une très grande surface active par unité de masse. Ce sont soit de nature organique soit de nature minérale, et ils sont employés tels quels ou après un traitement d'activation ayant pour but d'augmenter la porosité [6].

## **I.2. DEFINITION DE L'ADSORPTION :**

Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par Kayser en 1881 pour différencier entre la condensation du gaz à la surface, et une absorption du gaz, processus dans lequel les molécules de gaz pénètrent dans la masse. L'adsorption à l'interface soluté/solide est un phénomène de nature physique ou chimique par lequel des molécules présentes dans effluent liquide ou gazeux, se fixent à la surface d'un solide. Ce phénomène dépend à la fois de cette interface et des propriétés physico-chimiques de l'adsorbât [7].

Ce phénomène résulte de l'existence, des forces à la surface du solide, qui sont de nature physique ou chimique. Ces forces conduisent respectivement à deux types d'adsorption : la chimisorption et la physisorption.

## **I.3. TYPES D'ADSORPTION :**

On distingue les types d'adsorption suivante :

### **I.3.1. Adsorption physique :**

L'adsorption physique ou physisorption d'un gaz ou d'un liquide (adsorbat) sur d'un solide (adsorbant) s'effectue essentiellement par des forces d'interaction molécules-surface active de type Van Der Waals, qui sont des forces attractives.

L'adsorption physique se caractérise par une chaleur d'adsorption très faible (<10kcal) avec une température basse et une réversibilité parfaite ; c'est-à-dire une augmentation de

température ou diminution de la pression en gendre l'apparition du phénomène de désorption. Par élévation de la pression, il y aura formation de plusieurs superposées [8].

### **I.3.2. Adsorption chimique :**

Dans le cas de l'adsorption chimique, l'adsorption est les fores d'interaction (molécules-surface active) sont pareilles à celles des liaisons covalentes, ou électrovalences. Comme les réactions chimiques, elle est soumise aux lois conventionnelles de la thermodynamique et de la cinétique et elle est caractérisée par une chaleur d'adsorption élevée (10-200 kcal) [8].

L'adsorption chimique se limite à la formation d'une seule couche moléculaire contrairement à l'adsorption physique. De plus, les molécules ne seront pas adsorbées qualitativement et quantitativement de la même façon en cas d'un mélange.

Généralement, l'adsorption réalisée à basse température et réversible, ce pendant certaine adsorption lorsqu'elles sont réalisées à haute température comme l'adsorption dissociative des hydrocarbures saturés sur les métaux peuvent ne pas restituer le composé d'origine, de telles adsorptions sont dites irréversibles [8].

Il existe deux types d'adsorption chimique :

#### **a. Adsorption dissociative :**

Les molécules dont les atomes sont parfaitement saturés, s'adsorption de façon dissociative c'est-à-dire avec rupture de la molécule pour former des liaisons avec la surface métallique, cas de l'hydrogène ( $H_2$ ) adsorbé sur le platine réduit [8].

#### **b. Adsorption associative :**

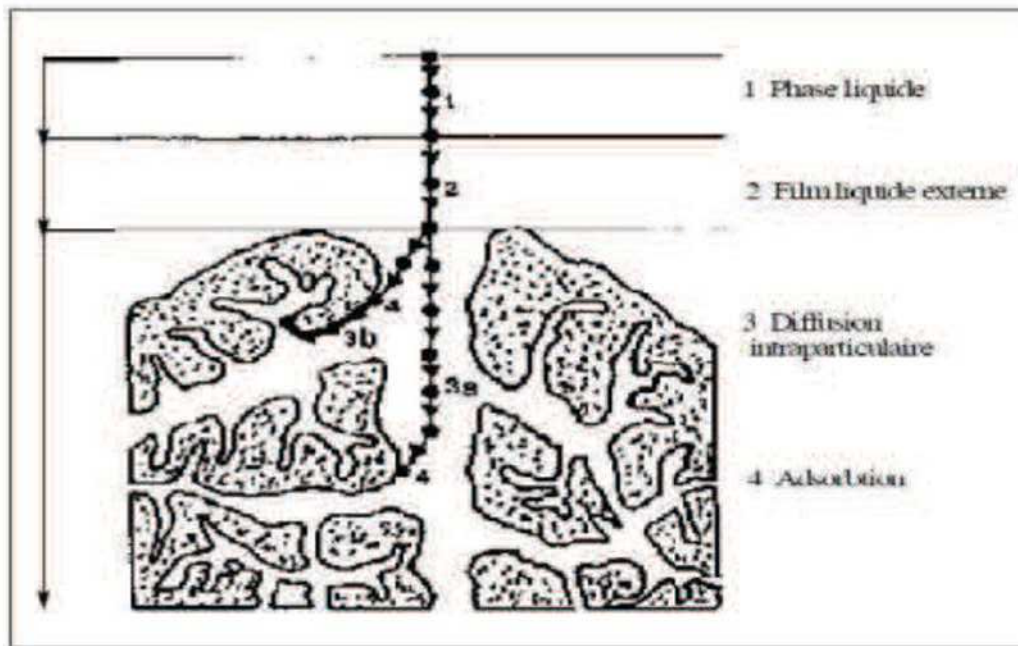
Les molécules insaturées ont la possibilité de s'adsorber sur le métal par ouverture de la liaison et formation de deux nouvelles liaisons covalentes avec la surface métallique cas de l'éthylène adsorbé sur le nickel [8].

**Tableau.1** : différences principales entre l'adsorption physique et chimique.

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Type de liaison	Physique	Chimique
Chaleur d'adsorption	$\leq 6$ kcal/mole	$> 10$ kcal /mole
Température du Processus	Favorisée par un abaissement de température.	Favorisée par accroissement de température.
Désorption	Facile	Difficile
Spécificité	Non spécifique	Spécifique (dépend de la nature des liens)
La distance entre les molécules et la surface de solide	Grande	Petite
La vitesse d'adsorption	Rapide	Lente
Les énergies de liaisons	0 et 40 KJ/mole	$> 40$ kJ/mol
Prise de saturation	Phénomène multicouches	Phénomène monocouches
La nature d'adsorbat	La quantité d'adsorption élevée dépend davantage de l'adsorbat que sur l'adsorbant	Dépend de l'adsorbant et de l'adsorbat.

#### I.4. CINÉTIQUE D'ADSORPTION : [9]

La connaissance des paramètres de l'équilibre d'adsorption permet de déduire les capacités d'adsorption d'un support. La détermination des paramètres cinétique doit en plus être réalisée pour la prévision de l'allure des courbes. Le transfert d'un adsorbat de la phase liquide vers un site d'adsorption, représenté par la Figure 1, fait intervenir les étapes suivantes :



**Figure 1** : Différentes étapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption sur un matériau microporeux ; d'après WEBER et SMITH.

- ✓ **1ère étape** (la diffusion externe) : le transfert des molécules de soluté de la phase liquide externe vers la phase liquide liée à la particule solide (par diffusion et par convection).
- ✓ **2ème étape** (la diffusion interne) : le transfert du soluté à travers le film liquide vers la surface externe de l'adsorbant (caractérisé par le coefficient de transfert  $K_f$ ).
- ✓ **3ème étape** : la diffusion de l'adsorbat à l'intérieur de la particule de l'adsorbant sous l'effet du gradient de concentration. La molécule adsorbat peut diffuser d'un site d'adsorption à un autre soit à l'état libre (après désorption) dans la phase liquide intra particulaire (migration caractérisée par un coefficient de diffusion  $D_f$ ), soit à l'état adsorbé, d'un site d'adsorption vers un site adjacent (migration de surface caractérisée par un coefficient de diffusion  $D_S$ ).
- ✓ **4ème étape** : l'adsorption.

### I.5. MODELISATION DE LA CINÉTIQUE D'ADSORPTION :

L'équilibre d'adsorption dépend de la vitesse de transfert. On admet que ce sont les étapes de transfert de masse externe et du transfert de masse interne qui imposent la vitesse globale d'adsorption, il existe plusieurs modèles dans la littérature qui permettent de décrire la cinétique d'adsorption.



**I.5.1. Modèle du pseudo premier ordre :**

Lagergren (1898) a proposé, pour une cinétique du premier ordre [10], L'équation suivant :

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \quad (1)$$

Avec :

$q_e$  : quantité du soluté adsorbée à l'équilibre (mg/g) ;

$q_t$  : quantité du soluté adsorbée au temps t (mg/g) ;

t : temps (min) ;

$k_1$ : constante de vitesse d'adsorption de pseudo premier ordre ( $min^{-1}$ ).

Apré l'intégration de l'équation donnée en déduire la constante de vitesse d'adsorption  $k_1$  qui se détermine à partir de la pente du droit représentant  $\ln(q_e - q_t)$  en fonction de temps.

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t \quad (2)$$

**I.5.2. Modèle du pseudo second ordre :**

Le modèle du pseudo second ordre est représenté par l'équation [11] :

$$\frac{dq}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \quad (3)$$

$K_2$  : Concentration de vitesse du modèle de pseudo second ordre en (g/mg min).

$q_e$  : quantité de soluté adsorbée à l'équilibre (mg/g).

$q_t$  : quantité de soluté adsorbée à l'instant t (mg/g)

Après intégration de l'équation pour les conditions aux limites  $q_t = 0$  à  $t=0$  et

$q_t = q_t$  à  $t=t$  :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (4)$$

### I.5.3. Modèle de la diffusion intra-particulaire :

Adsorption des sites actifs de l'adsorbant à la surface interne des pores [12]. Weber et Morris 1962, ont établi un modèle pour décrire la diffusion intra particulaire qui permet de déterminer le coefficient de la vitesse de diffusion intra particulaire  $k_d$  ( $\text{mg/g min}^{0.5}$ ) [13]. C'est une constante reliée à l'épaisseur de la couche limite. Le graphe  $q_t$  en fonction de  $t^{0.5}$  donne une droite ceci indique que le processus d'adsorption est contrôlé par la diffusion intra particulaire, si cette droite ne passe pas par l'origine, le processus est complexe et la vitesse d'adsorption peut être limitée par d'autre mécanisme.

$$q_t = k_d t^{0.5} + C \quad (5)$$

$t$  : temps (min) ;

$q_t$  : Capacité d'adsorption au temps  $t$  (mg/g).

### I.5.4. Modèle de la diffusion externe : [14]

La diffusion externe est exprimée par l'expression :

$$\ln \frac{(c_0 - c_e)}{(c_t - c_e)} = k' t \quad (6)$$

•  $K'$  : constante de diffusion externe.

## I.6. ISOTHERMES D'ADSORPTION :

### I.6.1. Capacité d'adsorption :

La capacité d'adsorption d'un adsorbant est définie comme étant la quantité de substrat (masse ou volume) adsorbée par unité de poids d'adsorbant pour une température donnée. Elle nécessite la prise en compte de nombreux paramètres aussi bien pour l'adsorbant (taille des molécules, solubilité dans l'eau... etc.) que pour l'adsorbant (surface spécifique, structure et type de particules, le constituant... etc.). Elle peut être généralement exprimée par la relation suivante [15] :

$$Q = \frac{(c_0 - c_t)V}{m} \quad (7)$$

Sachant que :

$Q$ : Capacité d'adsorption du support ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) ;

$C_0$ : Concentration initiale du substrat ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) à  $t = 0$  ;

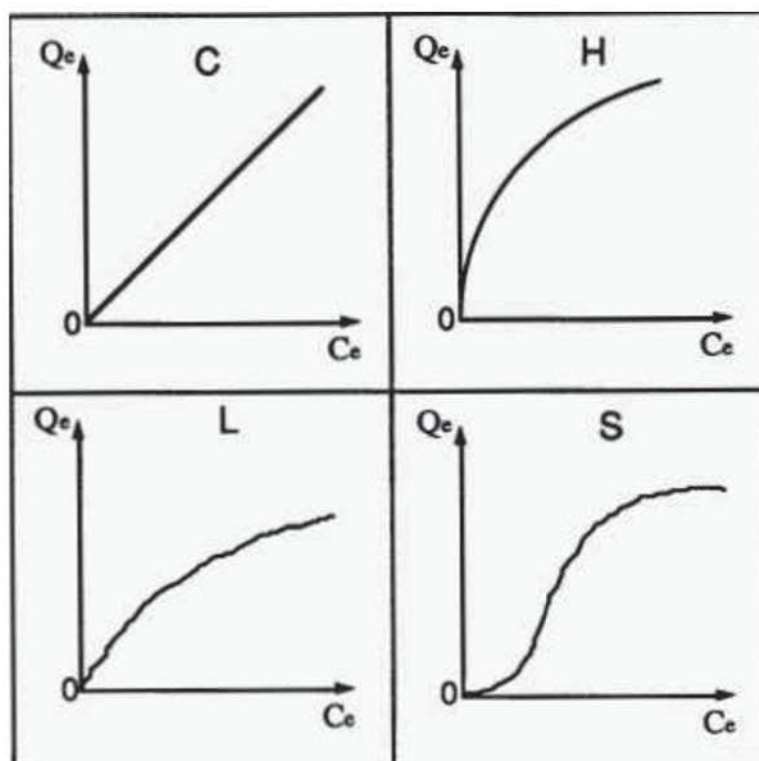
$C_t$ : Concentration du substrat ( $\text{mg.L}^{-1}$ ) à l'instant  $t$  du processus d'adsorption ;

$V$ : Volume de la solution (litre) ;

$m$ : Masse du support (g) .

### I.6.2. Adsorption à l'équilibre :

La teneur en polluant dans la phase solide ( $Q_e$ ) est généralement calculée à partir de la différence entre  $C_0$ , concentration initiale du polluant dans la solution, et  $C_e$ , concentration finale à l'équilibre. La forme des isothermes d'adsorption dépend de la nature du polluant, du solvant et du solide. Elle peut renseigner sur les mécanismes d'adsorption des polluants à la surface des solides [16]. on distingue quatre principaux types d'isothermes suivant l'allure de la courbe [17].



**Figure2 :** Différentes formes d'isothermes d'adsorption [17]

**Courbes du type S** : le soluté est en concurrence avec le solvant pour l'occupation des sites de fixation présents sur la phase solide. Ces courbes sont caractéristiques des molécules organiques monofonctionnelles comportant des attractions intermoléculaires modérées.

**Courbes du type L** : ces courbes peuvent être mathématiquement décrites par l'équation de Langmuir ou de Freundlich (voir plus loin). Plus le nombre de sites occupés par les molécules de soluté augmente, plus l'adsorption de nouvelles molécules est difficile. Les molécules se disposent en une monocouche sur la surface solide.

**Courbes du type H** ou courbe de haute affinité : il s'agit d'un cas particulier des isothermes du type L où les molécules de soluté en solution initiale diluée sont quasiment toutes adsorbées sur le solide adsorbant.

**Courbes du type C** : partage linéaire du soluté entre la phase liquide et la phase solide. L'adsorption de polluants organiques sur les sols et les sédiments révèle une grande variété de comportements qui résultent de la grande variabilité des propriétés des solutés et des adsorbants [16].

Les isothermes d'adsorption peuvent donc être décrites par des fonctions mathématiques plus ou moins complexes. Ces représentations mathématiques permettent l'estimation de l'adsorption des polluants organiques en fonction des propriétés et de la composition du sol. Ces modèles d'estimation s'appuient sur l'étude des corrélations entre l'adsorption de la molécule et les propriétés et composition du sol ou bien les propriétés du polluant considéré.

## I.7. MODELES D'ISOTHERMES :

### I.7.1. Isotherme de Langmuir : [18]

C'est un modèle simple est largement utilisé. Il est basé sur les hypothèses suivantes :

- Chaque site n'est susceptible de fixer qu'une seule espèce adsorbée.
- L'espèce adsorbée est située sur un site bien définie de l'adsorbant (adsorption localiser).
- L'énergie de chaque molécule adsorbée est indépendante de sa position sur la surface.

L'équation empirique de l'isotherme de Langmuir est représentée par la relation suivante :

Avec :

$$q_e = q_m \frac{k_1 \times c_e}{1 + k_1 \times c_e} \quad (8)$$

$q_m$  : capacité maximale d'adsorption (mg/g).

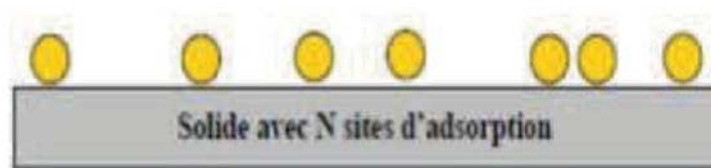
$K_L$  : constante d'équilibre (L/mg).

$c_e$  : concentration du soluté dans la solution à l'équilibre (mg/L).

L'intensité d'adsorption peut être évaluée aussi par un facteur sans dimension ( $R_l$ ) dont l'expression est la suivante :

$$R_l = \frac{1}{1 + k_1 \times c_0} \quad (9)$$

$R_l = 0$	Adsorption irréversible.
$0 < R_l < 1$	Adsorption favorable.
$R_l = 1$	Adsorption linéaire.
$R_l > 1$	Adsorption défavorable.



**Figure 3:** Modèle d'adsorption en monocouche [19].

### I.7.2. Modèle de Freundlich :

L'isotherme d'adsorption de Freundlich [20] repose sur l'équation empirique suivante :

$$q_e = kC_e^{1/n} \quad (10)$$

Linéarisable [21] en  $\log q_e = \log k + \frac{1}{n} \log C_e$  (11)

$K$  : Capacité d'adsorption ;

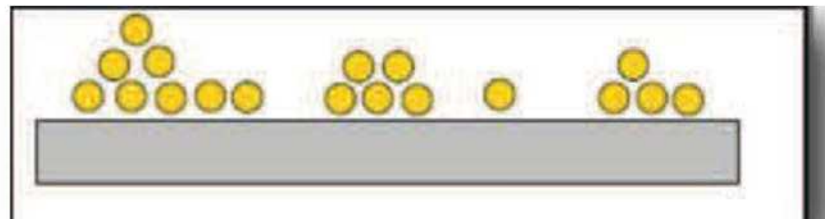
$n$  : Constante dépendant de la constante énergétique de distribution numérique des sites.

Les constantes  $K$  et  $n$  dépendent de la nature du soluté et du charbon actif utilisé

Cette isotherme présente une singularité lorsque  $n < 1$  : sa pente à l'origine est infinie [22].

### I.7.3. Théorie de BET :

Pour généraliser la théorie de Langmuir ; Brunauer, Emmet et Teller ont développé un modèle appelé ultérieurement modèle de BET. Il tient compte de la formation de plusieurs couches de molécules adsorbées : les interactions gaz-gaz et gaz-solide sont prises en considération et chaque molécule adsorbée dans une couche est un site d'adsorption pour une molécule de la couche suivante figure 3 [19].



**Figure 4 :** Modèle d'adsorption en multicouches [19].

### I.7.4. Modèle de Temkin :

Temkin suppose que l'abaissement de la chaleur d'adsorption avec l'augmentation du taux de recouvrement n'est pas logarithmique comme dans le cas des systèmes conduisant à l'équation de Freundlich, mais linéaire notamment à moyen et faible taux de recouvrement.

Cette linéarité [23] peut être due à :

- La répulsion entre espèces adsorbées sur la surface uniforme ;
- L'hétérogénéité de la surface.

L'isotherme de Temkin est représentée par l'équation suivante :

$$q_e = \frac{RT}{bt} \times \ln(k_t \times C_e) \quad (12)$$

Avec :

R : constante universelle des gaz parfaits ;

T : température absolue (K) ;

$K_t$  : constante d'équilibre ;

$b_t$  : variation de l'énergie d'adsorption.

La forme linéaire de ce modèle est :

$$q_e = \frac{RT}{\Delta\theta} \ln k_0 + \frac{RT}{\Delta\theta} \ln C_e \quad (13)$$

Avec

$\Theta$  : Taux de recouvrement de la surface de l'adsorbant ;

$C_e$  : Concentration à l'équilibre, exprimé en (mg/l) ;

$\Delta\theta$  : Variation de l'énergie de l'adsorption (kJ/mol) ;

$K_0$  : Constante d'équilibre.

### **I.8. THERMODYNAMIQUE D'ADSORPTION :**

Le phénomène d'adsorption est toujours accompagné par un processus thermique, soit exothermique ou endothermique. La mesure de la chaleur d'adsorption est le principal critère qui permet de différencier la chimisorption de la physisorption. La chaleur d'adsorption ( $\Delta H^\circ$ ) est donnée par la relation de Van Thoff [24] :

$$\log k_c = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{R} \frac{1}{T} \quad (14)$$

Avec :

$K_c = C_e/q_e$  : constante d'équilibre,

$\Delta H^\circ$  : variation de l'enthalpie (KJ/mole) ;

$\Delta S^\circ$  : variation de l'entropie (KJ/mole.K) ;

$C_0$  : concentration initiale de l'adsorbât.

## I.9. GENERALITE SUR LES ADSORBANTS :

### I.9.1. Définition d'un adsorbant :

Les adsorbants sont des solides microporeux présentant des surfaces par unité de masse importantes (de 100 m<sup>2</sup>/g) et jusqu'à ou plus de 1000 m<sup>2</sup>/g) donc ils sont caractérisés par leurs propriétés extérieures telles que leur surface spécifique et leur porosité [25].

Une importante surface spécifique est préférable pour avoir une grande capacité d'adsorption. La taille des micropores détermine l'accessibilité des molécules adsorbées à la surface interne d'adsorbant, il est donc possible de caractériser les adsorbants par la distribution de la taille des pores, et donc de choisir tel ou tel adsorbant pour une séparation particulière [26].

### I.9.2. Type d'adsorbants : [9]

On distingue cinq grands types d'adsorbants « physiques » : les charbons actifs, les zéolithes, les alumines, les gels de silice et les argiles activées.

Il se fabrique environ 150 000 t.an<sup>-1</sup> de zéolithes pour adsorption, 400 000 t.an<sup>-1</sup> de charbons actifs, 75 000 t.an<sup>-1</sup> d'alumines activées, 400 000 t.an<sup>-1</sup> d'argiles et 25000 t.an<sup>-1</sup> de gels de silice. Grâce à leur structure cristalline en feuillets, les argiles et les zéolites sont de bons adsorbants naturels. Le charbon actif est un excellent adsorbant : sa capacité d'adsorption des molécules organiques et des gaz est remarquable, d'où son utilisation dans des domaines très variables.

**Tableau .2 :** Caractéristiques des adsorbants utilisés dans l'industrie [27].

<b>Adsorbant</b>	<b>Surface spécifique (m<sup>2</sup>/g)</b>	<b>Taille des pores (nm)</b>	<b>Porosité interne</b>
<b>Charbon actif</b>	400 à 2000	1.0 à 4.0	0.4 à 0.8
<b>Zéolithes</b>	500 à 800	0.3 à 0.8	0.3 à 0.4
<b>Gels de silice</b>	600 à 800	2.0 à 5.0	0.4 à 0.5
<b>Alumines actives</b>	600 à 800	1.0 à 6.0	0.3 à 0.6



Tous les adsorbants sont caractérisés par un certain nombre de propriétés physiques :

- ✓ Porosité interne ;
- ✓ Fraction de vide externe correspondant à un garnissage en vrac ;
- ✓ Masse volumique de la particule ;
- ✓ Masse volumique réelle ;
- ✓ Surface spécifique des pores ;
- ✓ Rayon moyen des pores ;

### I.9.3 Le charbon actif comme adsorbants :

Le Charbon Actif peut être fabriqué à partir de tout matériau contenant un fort pourcentage de carbone et un faible pourcentage en matière inorganique [28].

Ils sont généralement obtenus à partir de bois, charbon, noix de coco, noyaux de dattes, lignite, tourbe... La valorisation de différents déchets, tels que ceux issus de l'industrie du pétrole et des huiles lubrifiantes, connaît actuellement un essor important. Nous pouvons aussi citer comme autres exemples l'utilisation de résidus de la fabrication du café [29] ou de la pyrolyse de boues activées [30]. L'utilisation de sous-produits industriels s'inscrit dans une démarche de développement durable et de valorisation des déchets [31]. La définition suivante pour le charbon actif : « c'est un produit carbone noire insoluble, sans odeur ni saveur, doté d'une structure poreuse présentant une très grande surface de contact interne » [32].



**Figure 5 :** Charbon actif

## I.10. PREPARATION DU CHARBON ACTIF :

### I.10.1. La pyrolyse (carbonisation) :

La pyrolyse est le processus dans lequel un échantillon est soumis à des températures élevées entre 400 et 1000°C, sous atmosphère inerte, de manière à obtenir un produit carboné solide, ainsi que des composés volatils (liquides et gazeux).

Le but de la pyrolyse est d'obtenir un produit fortement carboné, avec une microporosité rudimentaire qui pourra ensuite être développée dans le processus d'activation. Cette étape sert à éliminer, par pyrolyse [33]. Les espèces autres que le carbone, notamment l'hydrogène, l'oxygène, des traces de sulfure ou d'azote sous forme de produit volatil [34, 35].

Le produit obtenu par pyrolyse ne possède qu'une porosité rudimentaire et ne peut pas être employée comme adsorbant sans une activation supplémentaire. Les atomes (oxygène et hydrogène) sont éliminés sous l'effet de la chaleur et le matériau devient plus riche en carbone. Les atomes de carbone restants se regroupent en feuillets aromatiques possédant une certaine structure planaire. Ces feuillets s'arrangent ensuite d'une manière irrégulière laissant ainsi des interstices entre eux. Ces derniers donnent naissance à une porosité primaire de produit carbonisé [36].

Les différents paramètres déterminant la qualité, les propriétés et le rendement du pyrolysat sont :

- La vitesse du chauffage du four ;
- La température finale de pyrolyse ;
- Le temps de résidence dans le four (le temps de séjour) ;
- La nature du matériau du départ ;
- La taille des particules ;
- La décomposition thermique des composants chimiques ;
- Le traitement préalable réalisé dans les matériaux original ;

Il existe une température de pyrolyse pour chaque matériau à partir de laquelle le rendement reste constant.

$$\text{Rendement}(\%) = \frac{\text{masse}_{\text{initiale}} - \text{masse}_{\text{finale}}}{\text{masse}_{\text{initiale}}} \times 100 \quad (16)$$

### I.10.2. L'ACTIVATION :

L'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. Elle peut être physique ou chimique [37].

➤ **L'activation physique :**

Consiste en une oxydation thermique d'un charbon à une température variant entre 300 °C et 1000 °C en présence de l'oxygène, du gaz carbonique ou de la vapeur d'eau. Ce traitement est relativement long et peut durer de 10 à 48 h et même plus [38].

➤ **L'activation chimique :**

L'activation chimique est généralement réalisée en plusieurs étapes mais elle ne comporte qu'un seul traitement thermique. Dans un premier temps, il s'agit de mettre en contact l'agent activant et la matière première, les agents oxydants les plus utilisés sont l'acide phosphorique ( $H_3PO_4$ ), la potasse (KOH) et le chlorure de zinc ( $ZnCl_2$ ) [39]. Favorisant la déshydratation, puis une réorganisation structurale à des températures plus faibles que dans l'activation physique. Après réaction, le matériau est lavé abondamment à l'eau afin d'éliminer toute trace d'agent chimique restant. Le traitement des précurseurs par cet agent activant améliore le développement de la structure poreuse [40].

### I.11. UTILISATION DU CHARBON ACTIF :

L'utilisation du charbon actif est répartie en différents domaines comme

- ✓ Traitement des eaux potables et résiduaires ;
- ✓ Purification de produits industriels ;
- ✓ Le charbon actif élimine les couleurs et les impuretés de produits bruts, il est employé par exemple pour la décoloration du sucre de canne ou de betterave ;
- ✓ Le charbon actif est employé dans l'équipement d'air conditionné ainsi que pour l'élimination des odeurs d'égouts et d'émanations chimiques ;
- ✓ Les filtres à charbon actif contenus dans certaines voitures, fixent les émanations d'hydrocarbures imbrûlés qui s'échappent des véhicules à l'arrêt ;
- ✓ Ces dernières années, l'utilisation du charbon actif s'est élargie au traitement des eaux ;
- ✓ usées en raison non seulement de ses qualités d'adsorbant mais aussi du rôle épurateur joué par les bactéries qui y sont fixées [41].

**I.12. LES DIFFERENTES FORMES DU CHARBON ACTIF : [42]**

Plus de 100 types de charbons actifs pour toutes vos applications.

Nous mentionnons trois types célèbres :

- Charbon actif en grain ;
- Charbon actif tissu ;
- Charbon actif en poudre.

**I.12.1. Les charbons actifs en grain :**

Ce sont des particules de formes irrégulières parmi une gamme de tailles allant de 0.2 mm à 5 mm Ce type de charbon est utilisé pour des applications en phase liquide et gazeuse.



**Figure 6 :** Charbon actif en grain .

**I.12.2. Les charbons actifs en tissu :**

Le charbon actif est aussi disponible dans des formes spéciales telles qu'étoffes et fibres.



**Figure 7 :** Charbon actif en tissu.

### I.12.3. Les charbons actifs en poudre :

Pulvérisé avec une taille de moins de 0.18 mm (US Mesh 80). Ce charbon est principalement employé dans des applications en phase liquide et pour le traitement des flux gazeux. (Il est le genre que nous utiliserons dans notre expérience).



**Figure 8 :** Charbon actif en poudre.



# *Chapitre II*

*MATÉRIELS*

*ET*

*MÉTHODES*

## II.1. INTRODUCTION

Dans ce chapitre, nous exposons les réactifs et les matériels, ainsi que les méthodes expérimentales et analytiques, propres à l'élimination d'un colorant de textiles.

Notre travail consistait en étude de l'adsorption du colorant sur le charbon, tout au long de l'étude, nous avons essayé d'étudier l'influence des différents paramètres sur le processus d'adsorption qui sont :

- La concentration initiale en polluant (colorant) ;
- La température ;
- Le pH ;
- La masse de l'adsorbant ;
- Le temps.

## II.2. MATERIELS ET APPAREILLAGES

### II.2.1. Matériels

A. Verrerie de laboratoire : fioles jaugées, béchers, pipettes, entonnoirs, éprouvettes, tubes à essai, flacons...etc.

B. Papier filtre.

### III.2.2. Les appareillages

#### ✓ Spectres d'absorption en UV- visible

Le spectromètre UV-Visible que nous avons utilisé est un appareil qui permet de mesurer directement les densités optiques. Les analyses sont effectuées sur un spectrophotomètre " Agilent technologies Cary 60 UV-Vis" piloté par un ordinateur. Les longueurs d'ondes maximales sont obtenues directement par balayage automatique entre 200 et 800 nm [43]



**Figure 9:** Spectrophotomètre UV visible.

#### ✓ pH-mètre

Nous utilisons ce dispositif pour mesurer l'acidité de la solution après l'augmentation ou la diminution pour confirmer l'effet de ce facteur dans l'étude expérimentale.



**Figure 10:** pH- mètre.

#### ✓ Centrifugeuse

Nous utilisons ce dispositif pour le processus de séparation de la solution liquide composée de "colorant, eau" et " charbon actif ".





**Figure 11** : Centrifugeuse.

- ✓ **les agitateurs magnétiques.**
- ✓ **Une Balance analytique.**

### **II.3. LES PRODUITS UTILISÉS**

1. colorant de textile
2. deux charbons actifs commerciaux en poudre (CA1 et CA2).
3. Eau distillée.
4. Hydroxyde de sodium (NaOH).
5. Chlorhydrique (HCl).

### **II.4. PREPARATION DES SOULITIONS**

La solution mère de concentration 1g/L pour le colorant de textiles de formule chimique inconnu sont préparée à partir de leur poudre. La solution étudiée a été synthétisé par dilution successive de la solution mère jusqu'à l'obtention des concentrations désirées. Le pH des solutions est ajusté avec de HCl et la soude caustique NaOH, tout en mesurant ces valeurs à l'aide d'un pH-mètre. Les solutions étalons des polluants sont préparées à partir de

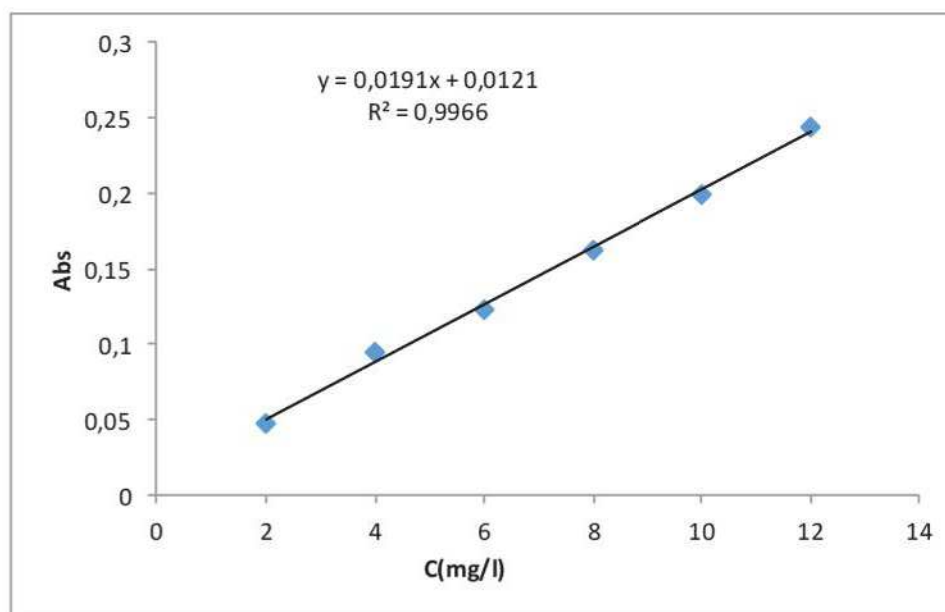
la solution mère déjà préparée, et qui ont aussi servi à l'établissement de la courbe d'étalonnage permettant ainsi la lecture des concentrations.

## II.5. DETERMINATION DE $\lambda_{\max}$

Avant d'entamer l'étude des équilibres d'adsorption du colorant, on a d'abord déterminé ( $\lambda_{\max}$ ) pour laquelle l'absorbance est maximale et on a vérifié la validité de la loi de Beer-Lambert pour le domaine de concentration étudié. Une concentration de 25 mg/L (préparées par dilution à partir d'une solution mère de colorant à 1g/L) a été choisie pour déterminer la longueur d'onde maximale ( $\lambda_{\max}$ ) du colorant.

## II.6. LA COURBE D'ETALONNAGE

La courbe d'étalonnage du colorant de textiles de formule chimique inconnu a été obtenue en mesurant l'absorbance " A " des solutions du colorant diluées à concentration compris entre 2 et 12 mg/L à la longueur d'onde  $\lambda_{\max} = 516$  nm. Nous avons tracé la courbe de l'absorbance en fonction de la concentration (ABS=f(c)) avec un coefficient de corrélation  $R^2=0,9966$



**Figure 12 :** Courbe d'étalonnage du colorant de textile

## II.7. MATERIAUX ADSORBANTS

Les matériaux adsorbant employé dans cette étude sont les deux charbons activés commerciaux (CA1 et CA2).

## II.8. EFFET DE pH

Pour étudier l'effet de pH sur le phénomène d'adsorption nous préparons 7 échantillons d'une solution de colorant, de concentration 200 mg/L d'un volume de 50 ml, chaque échantillon est réalisé sous un pH différent à l'autre 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 en ajoutant soit quelques gouttes de solutions concentrées de HCl ou NaOH 0,1 N, Chaque erlenmeyer Contient la masse idéale de charbon actif que nous avons obtenue sous une agitation magnétique et la température ambiante pendant 60 min. Une fois le temps de contact épuisé, le matériau est séparé par centrifugation pendant 10 min à 8000 tr/min. Les concentrations résiduelles du colorant ont été déterminées par spectrophotométrie UV-Visible à la longueur d'onde  $\lambda = 516$  nm

Le pH de la solution est suivi à l'aide d'un pH-mètre et l'intervalle de pH étudié est pris entre 1 et 7, le rendement de l'adsorption est calculé selon l'équation (16).

$$R\% = \frac{(C_0 - C_t) \cdot 100}{C_0} \quad (16)$$

## II.9. EFFET DE MASSE DE L'ADSORBANT

Pour étudier l'effet de la masse d'adsorbant sur l'adsorption suivant les étapes suivantes :

On prépare 8 échantillons d'une solution de colorant de concentration 100 mg/l et 50 mg/l d'un volume de 50 ml, avec différentes masses de charbon actif (5 mg ; 10 mg ; 20 mg ; 25mg ; 30 mg ; 40 mg ; 50 mg ; 60 mg), sous une agitation magnétique et la température ambiante pendant 1 heures, le pH des solutions mesuré égal à 1. Les suspensions sont ensuite séparées par centrifugation 8000 tr/min pendant 10 min. Le filtrat contenant les concentrations résiduelles en colorant est analysé à 516 nm par spectrophotomètre UV-visible. Les quantités adsorbées sont déterminées par l'équation 7.

$$q_e = \frac{(C_0 - C_t) \cdot V}{m} \quad (7)$$

## II.10. EFFET DE TEMPS DE CONTACT

Pour définir le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre de l'adsorption du colorant sur charbon actif nous mettons 13 erlenmeyer de 100ml, chaque erlenmeyer Contient la masse idéale de charbon actif que nous avons obtenue de l'expérience précédente et 50 ml du colorant de concentration 100 mg/l ; pH= 1, sous une agitation magnétique et la température ambiante. On mesure l'absorbance de la solution pour des différents temps (5min à 90min).

Les suspensions sont séparées par centrifugation à 8000 tours/mn. Le filtrat contenant les concentrations restantes du colorant est analysé à 516 nm par spectroscopie UV.

## II.11. EFFET DE CONCENTRATION INITIAL D'ADSORBAT

Pour étudier l'effet de concentration initiale ; on a mélangé une masse de 30 mg de charbon actif avec différent concentration 50 ;75 ;100 ;150 ;200 ;250 ;300 ;350 ;400 ;450 ;500 ;600 ;700 ;800 ;900 mg/L, de solution de colorant de volume 50ml L'ensemble est sous une agitation magnétique pendant 120 minutes. L'adsorption est effectuée à pH égal à 1, et la température ambiante

La séparation est effectuée par centrifugation 8000 tr/min pendant 10 minutes. Les concentrations résiduelles ont été déterminées à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Vis à 516 nm.



# *Chapitre III*

## *RÉSULTATS ET DISCUSSIONS*

### III.1. PREPARATION DE CHARBON ACTIVE

Le but de cette étude est d'étudier l'élimination du colorant de textiles par les deux matériaux (CA1 et CA2). L'étude a été effectuée en mode batch sous contrôle de plusieurs paramètres : concentration initiale du colorant, pH de la solution, masse de l'adsorbant et le temps de contact.

### III.2. PREPARATIONS DU COLORANT

Nous nous sommes intéressés dans cette étude à l'élimination d'un colorant de textile. Pour ce faire, une solution mère à 1 g/l a été préparée, et les autres solutions ont été préparées par dilution selon les expériences à réaliser.

### III.3. ANALYSE QUANTITATIVE

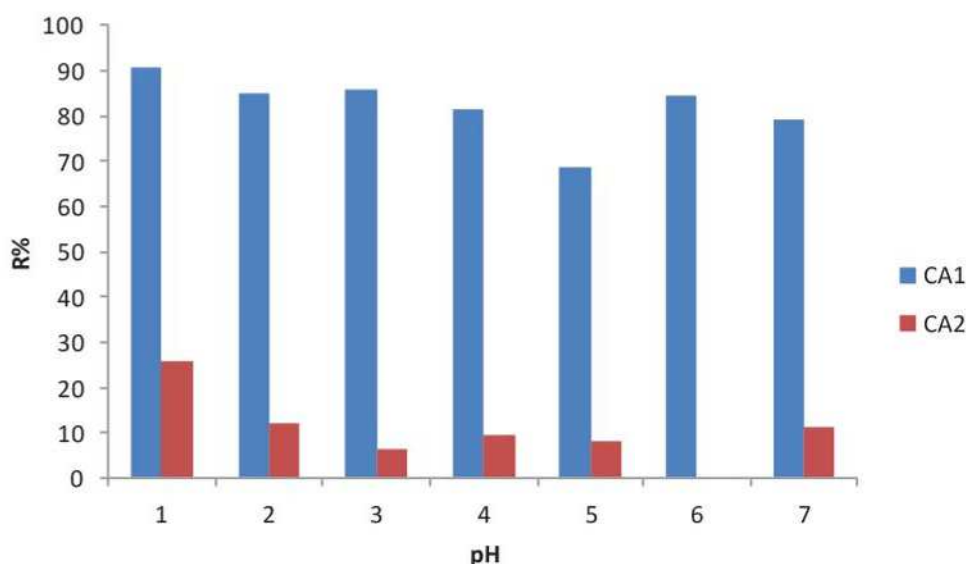
La détermination de la longueur d'onde maximale d'absorption ( $\lambda_{\max}$ ), a été faite par l'établissement du spectre visible d'un échantillon d'une solution de concentration de 100 mg/L en colorant, entre 400 et 800 nm. Ces spectres montre bien la longueur d'onde du maximum d'absorption du colorant de textiles ( $\lambda_{\max} = 516\text{nm}$ ).

### III.4. EFFET DE pH

Le pH initial des solutions colorées est un paramètre très important pour contrôler le processus d'élimination. Le pH de la solution influe sur la charge de la surface des adsorbants, le degré d'ionisation, et la nature des espèces ioniques des adsorbats. [44, 45]

L'influence du pH initial des solutions sur l'adsorption a été étudiée dans l'intervalle de pH 1 à 7. Les quantités de colorant éliminées par les matériaux dépendent directement du pH des solutions (figure 13).

Les rendements de la quantité d'adsorption sont calculés selon l'équation (7).



**Figure 13 :** Effet du pH sur l'adsorption du colorant sur charbon actif

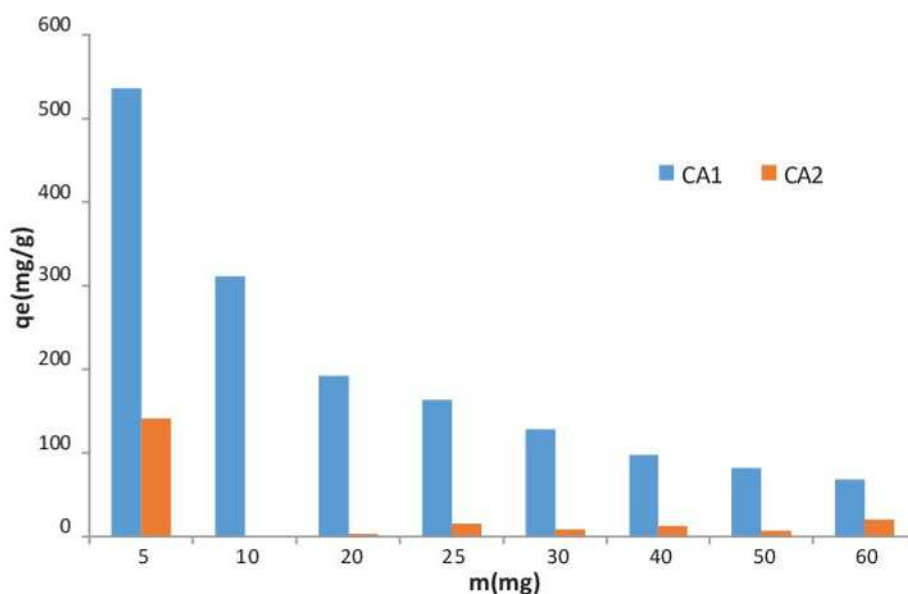
Selon la figure 13, les taux de rétention sont appréciables à différents pH pour le charbon actif CA1 et atteints un maximum de 91% à pH= 1.

Pour le charbon actif CA2, les rendements sont un peu faibles par rapport à celui de CA1, la quantité d'adsorption maximum est obtenue à un pH= 1(25%). Au-delà de pH 2, les pourcentages d'élimination chutent d'une manière appréciable et les taux sont compris entre 15 et 5%. Le pH des solutions influe donc sur la structure des molécules du colorant et agit sur les sites disponibles dans les matériaux et qui sont susceptibles de participer à l'élimination des polluants. Ce résultat peut être expliqué du fait qu'à des faibles valeurs du pH, la surface de l'adsorbant serait entourée par les ions  $H^+$  ce qui diminue l'interaction des ions du colorant (polluant cationique) avec les sites de l'adsorbant, par contre au pH élevé, la concentration en  $H^+$  diminue ce qui engendre une bonne interaction entre les ions du colorant et les sites de la surface. [46]

### III.5. EFFET DE LA MASSE D'ADSORBANT

Le graphe représentant la variation de la quantité adsorbée ( $q_e$ ) du colorant de textiles en fonction de la masse des matériaux utilisés ( $m$ ) (Figure.14), permet d'estimer la masse d'équilibre adsorbant-adsorbat. La capacité d'adsorption ( $q_e$ ) est calculée selon l'équation (16).

En effet, sur cette figure et d'une manière globale, nous observons une diminution de la capacité d'adsorption du colorant avec l'augmentation de la masse de l'adsorbant pour les deux charbons actifs.



**Figure 14 :** Effet de masse de charbon actif sur la capacité d'adsorption de colorant.

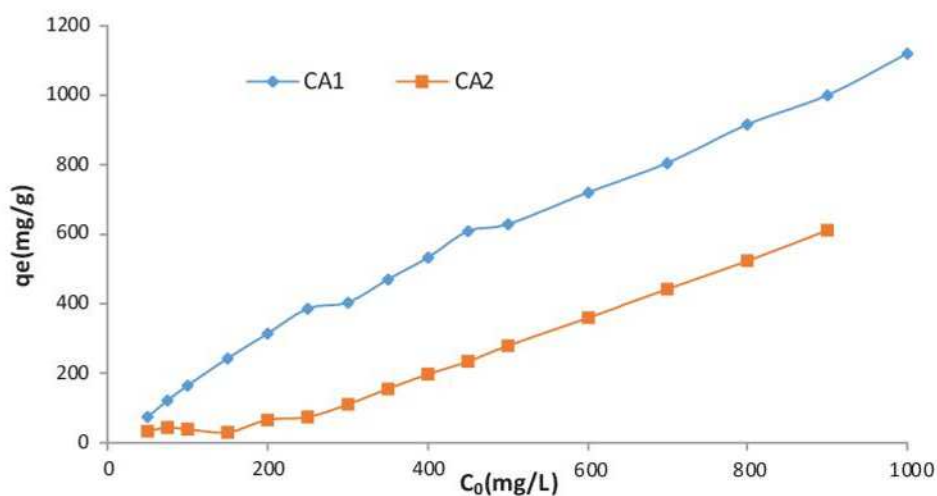
Pour le charbon actif (CA1) la capacité d'adsorption est appréciable par contre pour le deuxième charbon (CA2), la capacité d'adsorption est très faible.

Certains auteurs ont montré que tant que la quantité d'adsorbant ajoutée à la solution de colorant est faible, les cations du colorant peuvent accéder facilement aux sites d'adsorption.

L'ajout d'adsorbant permet d'augmenter le nombre de sites d'adsorption mais les cations du colorant ont plus de difficultés à approcher ces sites à cause de l'encombrement. De plus une grande quantité d'adsorbant crée des agglomérations de particules, d'où une réduction de la surface totale d'adsorption et, par conséquent, une diminution de la quantité d'adsorbant par unité de masse d'adsorbant [47]. Le même résultat a été trouvé par Zamouche [48] pour l'enlèvement d'un colorant cationique par adsorption sur les pommes de cèdre.



### III.6. L'EFFET DE LA CONCENTRATION DE L'ADSORBAT



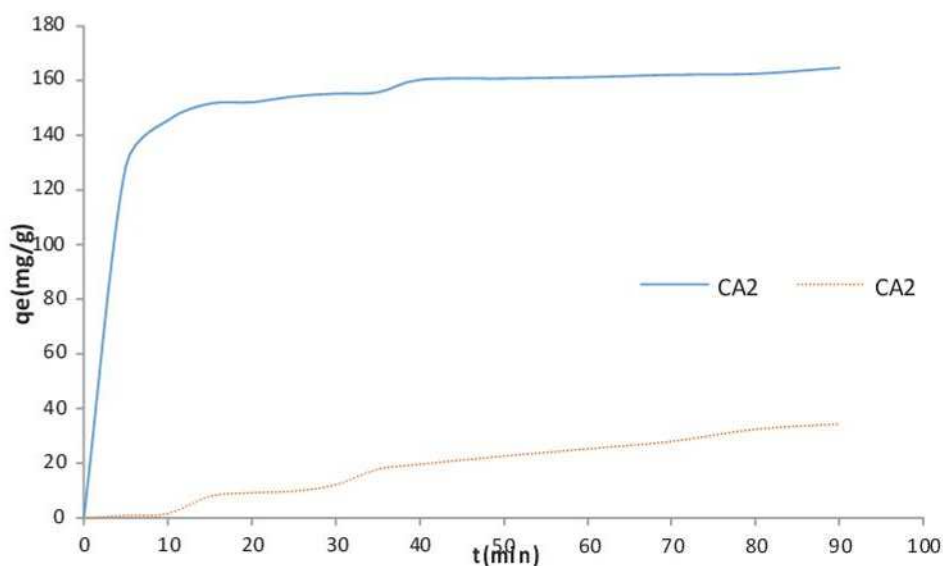
**Figure 15 :** Effet de la concentration initiale sur la capacité d'adsorption du colorant pour les deux matériaux

Les résultats illustrés par la figure 15 montrent que la quantité adsorbée augmente avec l'augmentation des concentrations initiales en polluant. En effet, l'augmentation de la concentration initiale implique que la quantité du polluant est plus disponible, par conséquent, plus de molécules de charbon actif sont susceptibles d'être adsorbées pour une masse d'adsorbant donnée.

### III.7. ÉTUDE LA CINÉTIQUE D'ADSORPTION (TEMPS DE CONTACT)

Pour définir le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre de l'adsorption du colorant sur le charbon actif, pH= 1, sous une agitation magnétique et la température ambiante. On mesure l'absorbance de la solution pour des différents temps (5min à 90 min).

Les résultats obtenus lors de cette expérience sont présents sur la Figure 16.



**Figure 16 :** Effet de temps sur la capacité d'adsorption de colorant pour les deux matériaux

L'étude cinétique de l'élimination du colorant par le charbon actif montre que la capacité d'adsorption augmente avec l'augmentation du temps de contact. En effet, les colorants sont principalement adsorbés aux sites les plus accessibles, et diffusent vers les sites d'adsorption de plus en plus difficiles à atteindre.

### III.8. MODÉLISATION DE LA CINÉTIQUE D'ADSORPTION

L'équilibre d'adsorption dépend de la vitesse de transfert. On admet que ce sont les étapes de transfert de masse externe et du transfert de masse interne qui imposent la vitesse globale d'adsorption, il existe plusieurs modèles dans la littérature qui permettent de décrire la cinétique d'adsorption.

III.8.1. Modèle du pseudo premier ordre

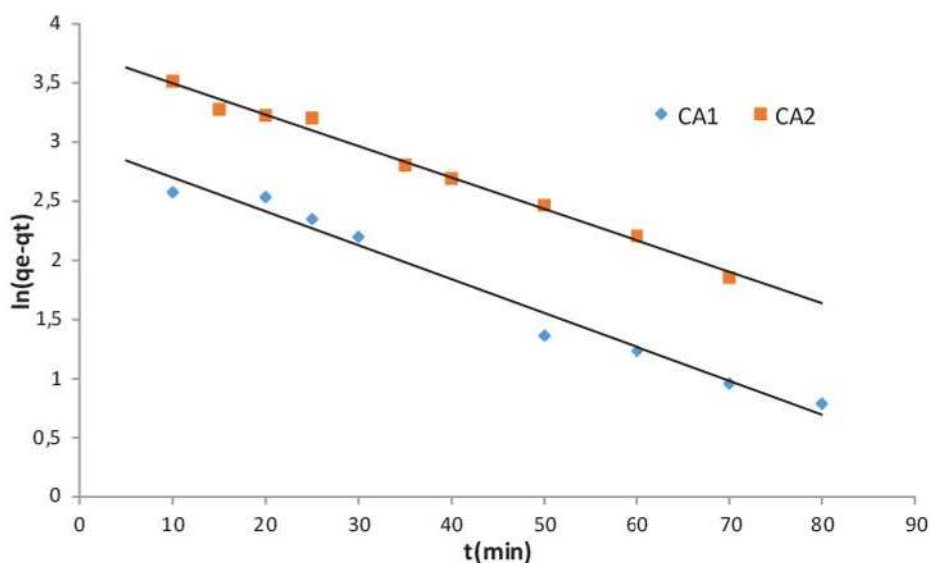


Figure 17 : Application du modèle pseudo-premier ordre pour l'adsorption du colorant

Tableau 3 : Résultats des paramètres du modèle pseudo-premier ordre

Modèle du pseudo premier ordre					
	$q_{e_{exp}}$	$q_{e_{thé}}$	$k_l$	$R^2$	Équation
CA1	165	19,826	0,028	0,9771	$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - k_l t$
CA2	38,02	43,064	0,0266	0,9901	

Les constantes du pseudo-premier ordre ont été déterminées par extrapolation du tracé de  $\ln(q_e - q_t)$  en fonction de  $t$  selon l'équation (2). Les valeurs de  $R^2$  ont été trouvées relativement faibles pour le CA1 et proche de l'unité pour le CA2. Le calcul de  $q_e$  pour les deux matériaux montre que les quantités de colorant adsorbées sont plutôt faibles par rapport aux quantités expérimentales.

Ces observations nous mènent à dire que l'adsorption du colorant n'exprime pas un processus de diffusion contrôlée puisqu'il ne suit pas l'équation du pseudo-premier ordre, donnée par Lagergren. Pour le matériau CA2 car la quantité de capacité d'adsorption  $q_{e_{exp}}$  est différente à  $q_{e_{thé}}$  par contre pour le matériau CA1  $q_{e_{exp}}$  est proche de  $q_{e_{thé}}$  et même  $R^2$  proche de 1 ce qui indique que le modèle cinétique pseudo premier ordre est adéquat à nos résultats.

III.8.2. Modèle du pseudo second ordre

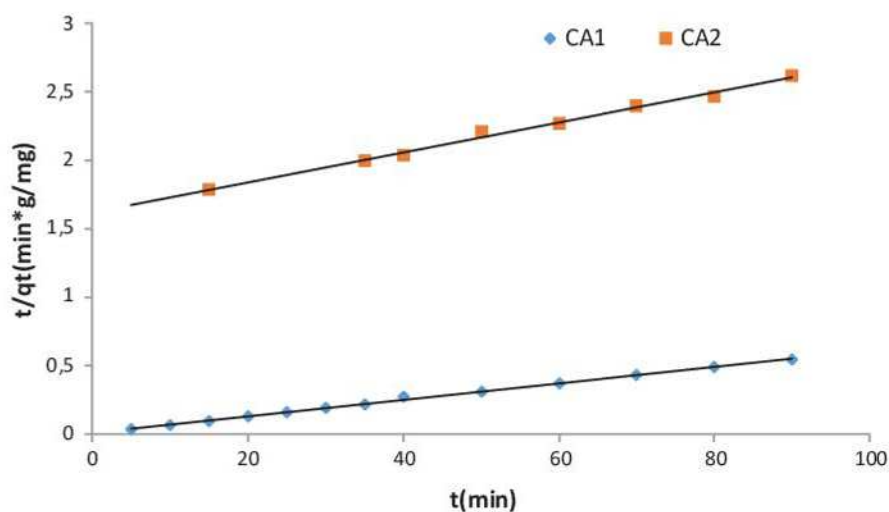


Figure 18 : Application du modèle pseudo-second ordre pour l’adsorption du colorant

Tableau 4 : Résultats des paramètres du modèle pseudo-second ordre

	Modèle du pseudo second ordre				Équation
	$q_{e_{exp}}$	$q_{e_{thé}}$	$k_{2p}$	$R^2$	
CA1	165	166.66	0.00327	0.998	$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t$
CA2	35.02	91,743	$7,33 \cdot 10^{-3}$	0,9935	

La figure 18 montre l'application du modèle cinétique pseudo-second ordre selon l'équation (3), les résultats obtenus pour l'adsorption du colorant et les calculs des constantes cinétique du modèle seconde ordre sont regroupé dans le tableau 4. Au vu de ces résultats, il apparaît que la quantité absorbée à l'équilibre  $q_e$  augmente, alors que la constante  $K_2$  diminue. De plus, les valeurs de  $R^2$  sont élevées et tous sont supérieurs à 0,99.

Donc, on peut conclure que la cinétique d’adsorption de colorant ne répond pas au modèle de Lagergren (cinétique pseudo-premier ordre), mais plutôt du modèle pseudo-second ordre.

III.8.3. Modèle de la diffusion intra-particulaire

Les données expérimentales d'élimination du colorant par les charbons actifs CA1 et CA2, appliquées au modèle de diffusion intra particulaire (Figure 19), permet, en traçant  $q_t$  en fonction de  $t^{1/2}$  selon l'équation (5), de connaître le type d'adsorption par les solides poreux (adsorption instantanée, adsorption graduelle), et les constantes de diffusion intra particulaire ( $K_{ind}$  et C).

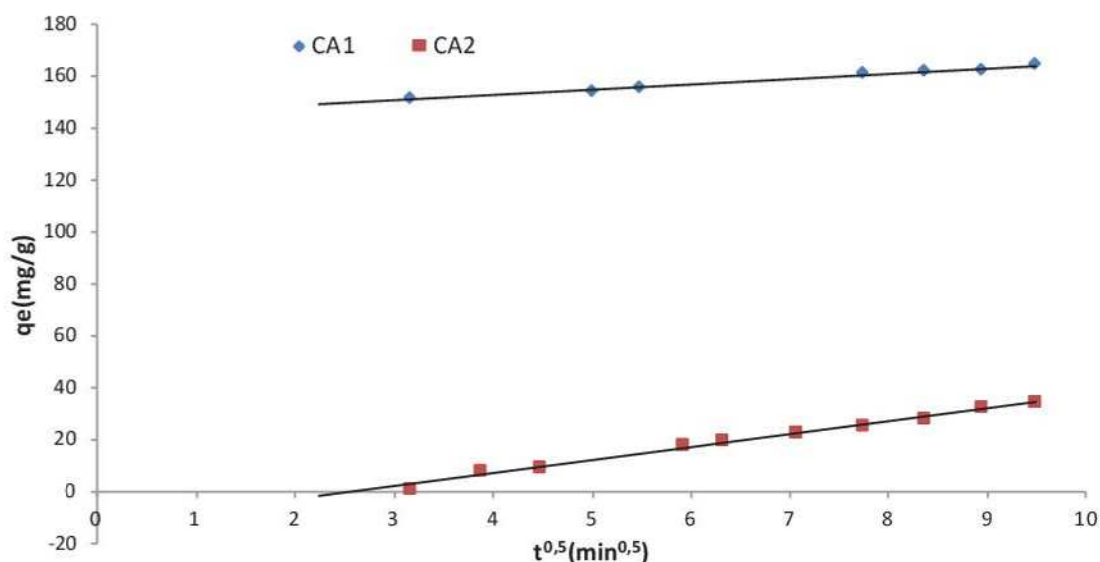


Figure 19 : Application du modèle intra particulaire pour l'adsorption du colorant.

Tableau 5 : Résultats des paramètres du modèle intra particulaire

Modèle de diffusion intra-particulaire				
	$k_d$	C	$R^2$	Équation
CA1	2,0952	144,43	0,99	$q_t = k_d t^{0.5} + C$
CA2	5,0311	-13,051	0,9908	

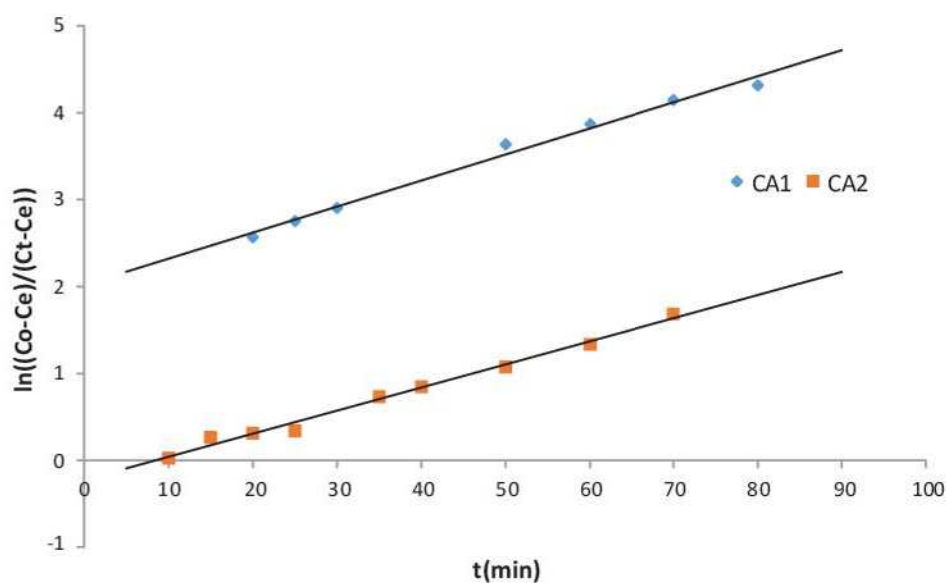
Les valeurs de la constante de diffusion externe  $k_d$  sont proches (2,095 pour CA1 et 5,03 pour CA2), en plus les valeurs des coefficients de régressions  $R^2$  sont proches de l'unité.

A partir de ces résultats, il est facile de voir que la diffusion intra-particule est une étape importante dans le processus d'adsorption. Ce temps de latence s'explique par le déplacement des molécules de colorant dans les canaux fibreux cellulosiques du sorbant, avant d'atteindre la surface où ils seront disposés en couches le long des fibres.

Or, la réaction chimique de surface, qui démarre dès les premières minutes de contact et dont les points expérimentaux. Ce qui indique que l'étape la plus influente dans l'adsorption du colorant sur charbon actif reste le processus de diffusion intra-particule, car il est Cela peut être considéré comme une étape finie qui contrôle le taux de transfert de colorant à chaque instant.

#### III.8.4. Modèle de la diffusion externe

Selon l'équation (6), on trace  $\ln((C_0 - C_e)/(C_t - C_e))$  en fonction de temps (t), afin de déterminer le type de d'adsorption.



**Figure 20 :** Application du modèle diffusion externe pour l'adsorption de colorant

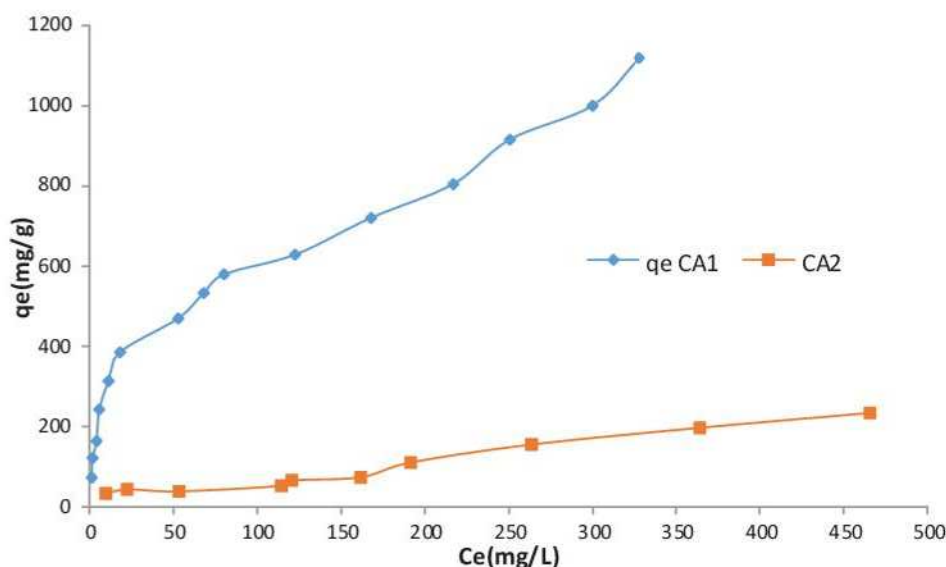
**Tableau 6 :** Résultats des paramètres du modèle diffusion externe.

Modèle de diffusion externe :		
	$k'$	$R^2$
CA1	0,03	0,9896
CA2	0,0266	0,9901

La figure 20 montre les tracés de ce modèle pour les deux types de charbon actif utilisés. Les valeurs de la constante de propagation vers l'extérieur  $k'$ , ainsi que les valeurs de  $R^2$ , ne reflètent pas une bonne corrélation (tableau4). Sur la figure 20, il est facile de voir cette-diffusion vers l'extérieur Le colorant entre les particules absorbantes n'est pas une étape

critique dans le processus d'adsorption ; Les points expérimentaux ne rentrent pas dans l'équation de ce modèle (les valeurs de  $R^2$  sont proche de l'unité), de plus, les droites ne passent pas par l'origine. Le processus d'adsorption est plus rapide et devrait l'emporter la diffusion vers l'extérieur autour des particules absorbantes.

### III.9. MODÉLISATION DES ISOTHERMES D'ADSORPTION



**Figure 21 :** Isotherme d'adsorption du colorant sur charbon actif

A partir de la figure 21, nous remarquons que la capacité d'adsorption des adsorbants augmente avec l'augmentation de la concentration d'équilibre des colorants. Et elle est accordée avec le type L dans le type d'isotherme d'adsorption selon Gillet. Cela est dû à une augmentation de la force d'entraînement du gradient de concentration. [49]

Les isothermes peuvent être expliquées par trois modèles théoriques fréquemment utilisés sont essayés à savoir les modèles de Langmuir et de Freundlich et Temkin ont été testés sur les résultats expérimentaux obtenus.

#### III.9.1. Application du modèle de Freundlich

Afin de connaître les caractéristiques de nos matériaux par rapport à l'adsorption du colorant de textiles, on trace la courbe  $\ln q_e = f(\ln C_e)$  selon l'équation linéaire de Freundlich (Eq : 11). A partir des résultats (Figure 32)

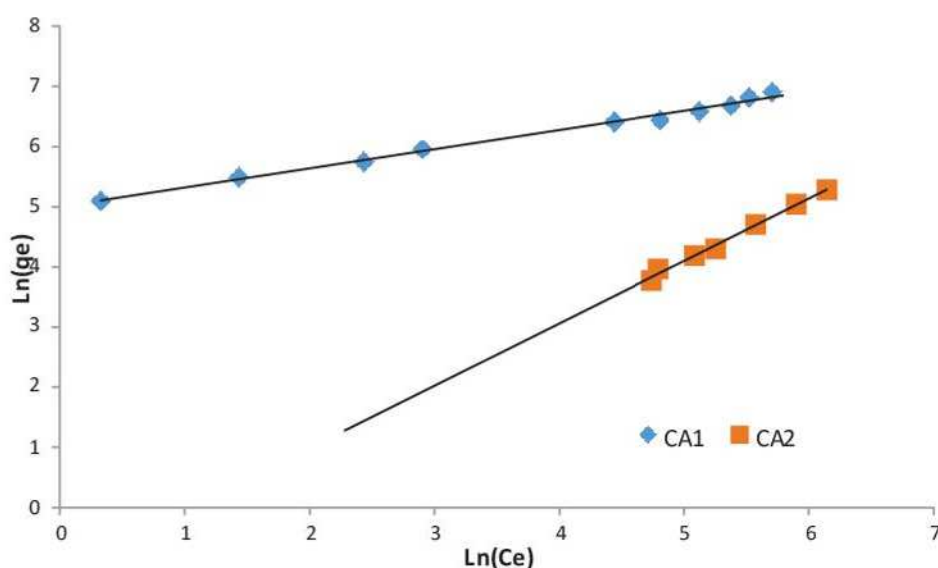


Figure 22 : Isotherme de Freundlich

Tableau 7 : Résultats des paramètres du modèle de Freundlich

	Modèle Freundlich			Équation
	$k_f$	$n$	$R^2$	
CA1	148.635	3,134	0,9923	$\ln q_e = \ln k + \frac{1}{n} \ln c_e$
CA2	0,338	0,964	0,9928	

La figure (22) et les coefficients de régressions ( $R^2 \approx 1$ ) montrent que le modèle de Freundlich présente une meilleure corrélation avec les résultats expérimentaux. En effet, l'isotherme théorique obtenue selon le modèle de Freundlich est plus adjacente comparée à celle obtenue expérimentalement. Puisque pour le matériau CA2  $n < 1$ , donc l'adsorption est favorable, la capacité d'adsorption augmente et de nouveaux sites d'adsorption apparaissent. Pour le matériau CA1,  $n > 1$  alors l'adsorption n'est pas favorable, les liaisons d'adsorption deviennent faibles et la capacité d'adsorption diminue. [50]



III.9.2. Modèle de Langmuir

Afin de connaître les caractéristiques de nos matériaux par rapport à l'adsorption du colorant de textiles, on trace la courbe  $C_e/q_e=f(C_e)$  selon l'équation linéaire de Langmuir (Eq : 8). A partir des résultats (Figure 23)

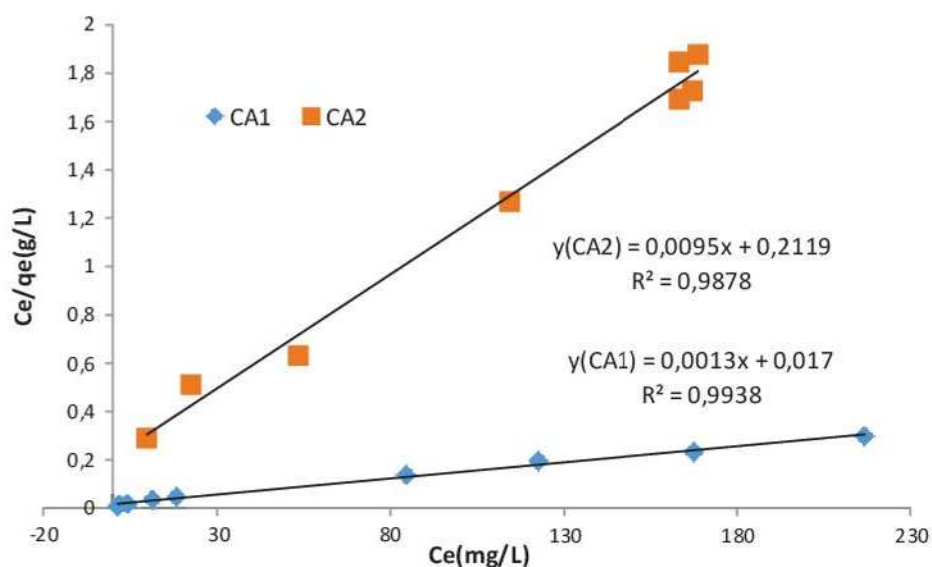


Figure 23 : Isotherme de Langmuir

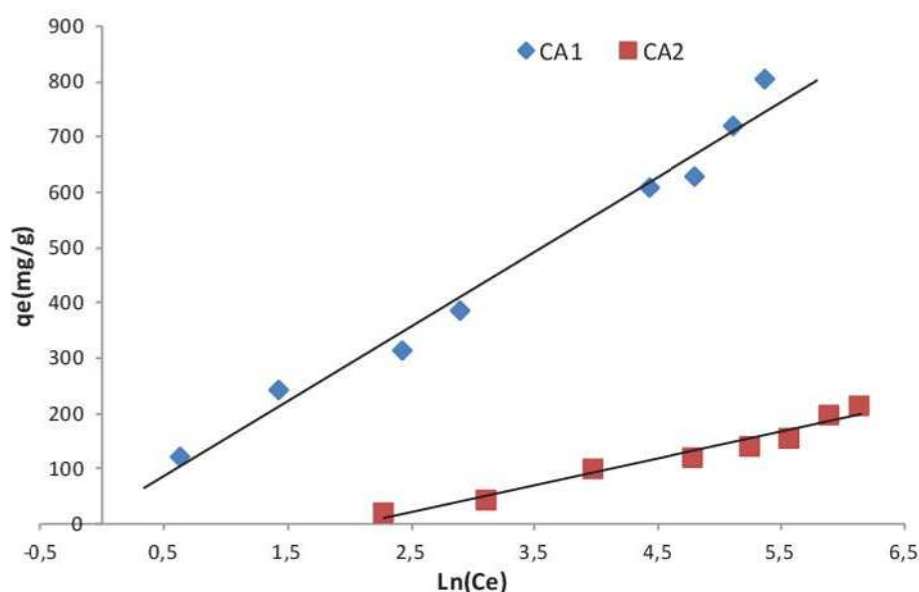
Tableau 8 : Résultats des paramètres du modèle de Langmuir

	Modèle de Langmuir			
	$q_{max}$	$K_L$	$R^2$	Équation
CA1	769,230	0,044	0.9938	$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{k_l \times q_m} + \frac{1}{q_m} C_e$
CA2	105,263	0,076	0.9878	

D'après la Figures 23 et le tableau 8, il en ressort que les résultats expérimentaux sont corrélés avec le modèle de Langmuir, en plus des valeurs du coefficient de régression, donne des valeurs de capacités d'adsorption similaires aux valeurs expérimentales. Les valeurs calculées par la formule de Langmuir sont : 769,23 et 105,263 mg/g pour CA1 et CA2 respectivement, du fait que les coefficients de régressions sont proches de l'unité. Les valeurs de  $K_L$  diminuent suffisamment lorsque le charbon actif des supports change. La nature et le type de matériaux utilisés pour l'obtention du charbon actif entraînent une influence sur l'affinité du biosorbant vis-à-vis du colorant.

## III.9.3. Modèle de Temkin

Le modèle de Temkin est décrit par l'équation (12) :



**Figure 24 :** Isotherme de Temkin.

Les résultats de la linéarisation des isothermes expérimentaux par le modèle de Temkin  $q_e = f(\log C_e)$ , sont présentés sur les figures 24. Les paramètres de l'équation de Temkin sont consignés dans le tableau 9. La variation de l'énergie d'adsorption  $\Delta\theta$  découlant de la linéarisation du modèle de Temkin est toujours positive et avec tous les adsorbants utilisés (grignons d'olive et noyaux de dattes). D'où l'endothermicité de l'adsorption du charbon actif, ce qui confirme le résultat obtenu lors de l'étude de l'effet de la température. [51, 52]

**Tableau 9 :** Résultats des paramètres du modèle Temkin

Modèle de Temkin			
	$K_0$ (L/mg)	$\Delta\theta$ (KJ/mol)	$R^2$
CA1	1,152	18,307	0,9806
CA2	0,127	51,363	0,9642

D'après les résultats expérimentaux, on constate que l'isotherme le plus favorable pour l'adsorption de colorant par le charbon actif est celui Freundlich et de Langmuir avec un coefficient de régression de l'ordre de 0,99.

## III.10. THERMODYNAMIQUE D'ADSORPTION

**Tableau 10** : Résultats des paramètres du modèle thermodynamique.

	Modèle thermodynamique				
	$\Delta H^\circ$	$\Delta S^\circ$	30°C	40°C	50°C
Matériaux	$\Delta G^\circ$				
CA1	-1103,51	3,883	-2280,64	-2319,47	-2358,30
CA2	84,30	-0,181	139,170	140,98	142,79

Le tableau 10 présente l'influence de la température sur le taux de rétention du colorant sur l'adsorbant. À partir de ces résultats, nous remarquons que ce taux diminue avec l'augmentation de la température du réacteur. Ce phénomène, en accord avec la loi d'Arrhenius, laisse supposer pour le matériau CA1 que la réaction de surface est exothermique et dont chaque augmentation de la température défavorise son déroulement. Les paramètres thermodynamiques tels que l'enthalpie libre standard ( $\Delta G^\circ$ ), l'enthalpie standard et l'entropie sont regroupées dans le tableau 10.

Les valeurs négatives des deux paramètres ( $\Delta G^\circ$  et  $\Delta H^\circ$ ) indiquent que la réaction est exothermique et que l'ordre de distribution des molécules du colorant sur l'adsorbant augmente par rapport à celui dans la solution. Le rapprochement des molécules de la phase solide, à travers les particules de matériau, crée donc une distribution plus organisée. La valeur négative de l'entropie ( $\Delta S^\circ$ ) indique que la réaction est spontanée. Par ailleurs, les valeurs positives de ( $\Delta G^\circ$  et  $\Delta H^\circ$ ) pour le matériaux CA2 indiquent que le réaction est endothermique et le processus est irréversible, l'adsorption se fait en monocouche et la non spontanéité de la réaction car  $\Delta S^\circ > 0$ .



# *CONCLUSION*

## *Générale*

## **CONCLUSION GENERALE**

Les essais expérimentaux sont réalisés au niveau du laboratoire de la pédagogie de la faculté des sciences et de la technologie de l'université d'ADRAR.

L'étude a inclus plusieurs effets variables sur le charbon actif et la substance adsorbée qui est le colorant de textile, afin de déterminer les meilleurs résultats et les plus idéaux pour l'adsorption complète et pour la purification de l'eau contaminée en colorants.

Nos résultats de ces effets pour les deux matériaux (CA1 et CA2) sont :

- ✓ Effet du pH, les résultats étaient meilleurs pour un pH = 1.
- ✓ La masse idéale des deux charbons actives pour une meilleure adsorption est de 5 mg ;
- ✓ Le temps de contact pour une absorption le plus complet est de 60 minutes ;
- ✓ L'effet de la température du milieu sur les cinétiques montre que l'élévation de la température de la solution entraîne une amélioration de l'adsorption, ce qui confirme que le processus est endothermique pour CA2 et exothermique pour CA1.

Les résultats obtenus sont soumis à la modélisation cinétique et celle de l'isotherme, pour connaître les meilleurs modèles qui étaient :

- ✓ Pour CA1 et CA2, le modèle pseudo-second ordre a été le meilleur pour la modélisation cinétique.
- ✓ pour l'isotherme c'était le modèle de Freundlich qui a donné un coefficient de corrélation  $R^2 > 0,99$  pour les deux matériaux (CA1 et CA2).

En définitive on peut conclure que le charbon actif est une substance efficace dans l'adsorption de colorant dissout dans les solutions aqueuses et on peut l'utiliser dans le domaine de la lutte contre des polluants organiques en milieu aqueux.



*RÉFÉRENCES  
BIBLIOGRAPHIES*

**REFERENCES BIBLIOGRAPHIES**

- [1] C. I. PEARCE, J. R. LLOYD, J. T. GUTHRIE. 2003. "The removal of colour from textile wastewater using whole bacterial cells: a review. *Dyes Pigments*. 58. p179-196.
- [2] G. McMullan, C. Meehan, A. Conneely, N. Kirby, T. Robinson, P. Nigam, I. M. Banat, R. Marchant, W. F. Smyth. 2001. "Microbial decolourisation and degradation of textile Dyes. *Appl. Microbiol Biotechnol*. 56. p81-87.
- [3] J. Myebeck. 1963. "Les colorants". Presse universitaire de PARIS. FRANCE
- [4] M.J. Ahmed, S.K. Dhedan. 2012. "Equilibrium isotherms and Kinetics modeling of methylene blue adsorption on agricultural Wastes-based activated carbons". *Fluid Phase Equilibria*. P3179-14.
- [5] T.A. KURNIAWANT, G.Y.S. CHAN, W.-H. LO, S. BABEL. 2006. "Comparisons of low-cost adsorbents for treating wastewaters laden with heavy metals". *Science of the Total Environment*.
- [6] D.J. KIM, N. KANG, W. G. SHIM, S. H. KIM. 2008. "Isothermal adsorption equilibrium and dynamics of binary mixture gasoline constituents on honeycomb monoliths". *Chemical Eng Journal* 137. p244–250.
- [7] N. BARKA. 2008. "L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photocatalytique sur TiO<sub>2</sub> supporté". Thèse doctorat. Faculté des Sciences, Agadir (2008).
- [8] J. F. LEPAGE. 1978. "catalyse de contact : conception, préparation et mise en œuvre des catalyseurs industriels". Edition technique.
- [9] S. MOUMENINE. 2011. "Elimination de polluants des eaux d'usines par adsorption sur charbon de chêne en combinaison avec un désinfectant". Mémoire ingénieur d'état en chimie. Université ABOU BEKR BELKAID .TLEMCEN. ALGERIE.
- [10] Z. Meriem. 2010. "Utilisation d'un nouveau sorbant à faible coût, les pommes de cèdre, pour l'enlèvement d'un colorant cationique à partir de solutions aqueuses". Thèse de magister. Université BADJI MOKHTAR-ANNABA. ALGERIE.

- [11] Y.S.HO, G. MCKAY. 1999. "Pseudo-second order model for sorption processes". *Process Biochemical*. 34. p451-465
- [12] S.H. CHIEN, W.R. CLATON. 1980. "Application of Elovich equation to the kinetics of phosphate release and sorption in Soils". *Soil sci. soc.* 44. p265-268.
- [13] W.J. WEBER, J.C MORRIS. 1962. "Advance in water pollution research" *ind. proc.Int. Conf. On water pollution symp.* 2. p231-266.
- [14] A. LILIA, AIT.K. LYDIA. 2015. " Elimination des colorants textiles par adsorption sur un déchet naturel". Mémoire de master. Université A. M. OULHADJ – BOUIRA. ALGERIE.
- [15] I. M. MONARREZ. 2004. "Rétention de pesticides dans les sols des dispositifs tampon, enherbés et boisés rôle des matières organiques". Thèse de doctorat. Université PARIS GRIGNON.
- [16] R. CALVET. 1989. " Adsorption of Organic Chemicals in Soils". *Environmental Health Perspectives*. 83. p145-177.
- [17] C.H.GILES, T.H.MCEWAN, S.N. NAKHWA, & D. SMITH. 1960. *Studies in Adsorption. Part 11. "A System of Solution Adsorption Isotherms, & its Use in Diagnosis of Adsorption Mechanisms & in Measurement of Specific Surface Areas of Solids"*. *J. Chem Soc.* 3. P3973-3993.
- [18]H.LATA, V.K.GARG, R.K.GUPTA. 2008. " Adsorptive removal of basic dye by chemically activated Parthenium biomass: equilibrium and kinetic modeling". *Desalination* 219. p250-261
- [19] B. H. HAMEED, J. M. SALMAN, A. L. AHMAD. 2009. " Adsorption isotherm and kinetic modeling of 2, 4-D pesticide on activated carbon derived from date stones". *Journal of Hazardous Materials*. 163. p121-126.
- [20] L. SAMANNI-VAUTE, J.FANLO ET P.L. CLOIREC. 1993. " Elimination de l'ammoniac sur divers adsorbants : charbons actif, tourbes et boues de station d'épuration". *Article of Pollution Atmosphérique*. P103-115.
- [21] M. AHMEDNA, W. E. MARSHALL, R.M. RAO .2000. "Production of granular activated carbon from select agricultural by-products and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties". *Article Bioresource Technology*. 71. p113–23.



- [22] O. TALU, A.L. MYERS. 1988. "Rigorous thermodynamic treatment of gas adsorption". *AiChE Journal*. 34. p1887-1893.
- [23] A.SLYGIN, AA.FRUNKIN. 1935. *Acta. Phys. Chim. URSS*. 3. P791.
- [24] G.ROMERO, V.PERALTA E.RODRIGUEZ, M. DELGADO, T. J.L.GARDIA. 2006. "Potential of Agave Ichuguilla biomass for Cr (III) removal from aqueous solutions: Thermodynamic studies". *Bioresour.technol*. 97. p178-182.
- [25] S. MOREAU. 2003. " L'adsorption et l'environnement ". ENS.
- [26] A. NEFZAOUI.1988. " Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par la valorisation optimale des sous-produits ". Article l'économie de l'olivier .PARIS.
- [27] L.M. SUN, F. MEUNIER, N.BRODU, M.H.MANERO.2016."Adsorption : aspects théoriques". *Adsorption*
- [28] F.RODRIGUEZ-REINOSO. 1998. "The role of carbon materials in heterogeneous catalysis". *Carbon*. 36. P159-175.
- [29] B. VIROTE, C. CHAIYA, W. TANTHAPANICHAKOON. 2004. " The preparation and Characterization of activated carbon from coffee residue". *Journal Chemical Engineering Japan*. 37. p1504-1512.
- [30] S.RIO, C.FAUR-BRASQUET, L. LE COQ, P. LE CLOIREC. 2005. " Structure Characterization and Adsorption Properties of Pyrolyzed Sewage Sludge". *Environmental Science Technology*. 39. p4249-4257.
- [31] A. COLIN-CRUZ, C.BARRERA-DIAZ, M. C.M. JIMÉNEZ MALEON, C. FALL. 2003. "Activated Carbon from Sewage Sludges". 4th European Congress of Chemical Engineering ECCE 4. GRANADA (Spain). P21-25.
- [32] N. SEDIRA. 2013. " Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes". Mémoire de magister. Université MOHAMED CHERIF MASSAADIA SOUK-AHRAS. ALGERIE.
- [33] N. M. OSMOND.2000. "Activated carbon fiber adsorbent materials". *Journal Adsorption Science & Technology*.18.p529-539.

- [34] K. WILLEKE, S. A. GRINSHPUN, V. ULEVICIUS, S. TERZIEVA, J. DONNELLY, S. STEWART, A. JUOZAITIS. 1995. " Microbial stress, bounce and re-aerosolization in bioaerosol samplers". *Journal of Aerosol Sciences*. 26. p883-884.
- [35] F. RODRIGUEZ-REINOSO .1998." The role of carbon materials in heterogeneous catalysis". *Carbon*. 36 .p 159-175.
- [36] M. ABD. SLASLI. 2002. " Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux : Approche théorique et expérimentale". Thèse de Docteur ès Sciences chimie-Physique. Université de Namur (NEUCHÂTELL).
- [37] C. AYRAL. 2009. " Elimination de polluants aromatiques par oxydation catalytique sur charbon actif". Diplôme de Doctorat. Université de TOULOUSE. FRANCE.
- [38] N. CHAOUCH. 2014. "Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le traitement physico-chimique des eaux polluées". Diplôme de Doctorat. Université HADJ LAKHDAR. BATNA. ALGERIE.
- [39] T. Ferreira d'Oliveira. 2011. " Etude d'un procédé de dépollution base sur le couplage ozone /charbon actif pour l'élimination des phtalates en phase aqueuse". Thèse de Doctorat. Université D'ORLEANS. FRANCE.
- [40] Z. BELKEBIR. 2007. "Valorisation des déchets agro-alimentaires cas des grignons d'olives". Diplôme de Magister. Université BADJI MOKHTAR. ANNABA. ALGERIE.
- [41] L. LOURGHI. 2014. " Adsorption du furfural issue des rejets liquides de la raffinerie d'Arzew par charbon actif en poudre". Mémoire de Master. Université MOHAMED EL BACHIR ELIBRAHIMI. BORDJ BOUARRERIDJ. ALGERIE.
- [42] N. J. KROU.2010." Etude expérimentale et modélisation d'un procédé séquentiel AD- OX d'élimination de polluants organiques". Thèse de doctorat. Université de TOULOUSE. FRANCE.
- [43] A. ABDESSEMED. 2009. "Etude de l'élimination de l'éthyle violet par adsorption sur la kaolinite et le charbon actif et par des méthodes photochimiques en milieu aqueux". Mémoire de magister. Université MENTOURI-CONSTANTINE. ALGERIE.
- [44] M.P. Tavlieva, S.D. Genieva, V.G. Georgieva, L.T. Vlaev. 2013. "Kinetic study of brilliant

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIES

---

green adsorption from aqueous solution onto white rice husk ash". *Journal of Colloid and Interface Science*. 409. 112-122.

[45] B.K. Nandi, A. Goswami, M.K. Purkait. 2009. "Adsorption characteristics of brilliant green dye on kaolin". *Journal Hazardous Materials*. 161. 387-395.

[46] O. Hamdaoui, M. Chiha. 2007. "Removal of Methylene Blue from Aqueous Solution by Wheat Bran". *Acta Chimica Slovenica*. 54. 407-418.

[47] C. Kim, Y. Lee, S.K. Ong, 2003. "Factors affecting EDTA extraction of lead from lead contaminated soils". *Chemosphere*. 51, 845-853.

[48] A. BENNANI KARIM, B.MOUNIR, M.HACHKAR, M.BAKASSE, A.YAACOUBI. 2010. "Élimination du colorant basique « Bleu de Méthylène » en solution aqueuse par l'argile de Safi". 23. 4. p375-388.

[49] Z. Meriem. 2010. "Utilisation d'un nouveau sorbant à faible coût, les pommes de cèdre, pour l'enlèvement d'un colorant cationique à partir de solutions aqueuses". Thèse de magister. Université BADJI MOKHTAR-ANNABA. ALGERIE.

[50] W.J. Weber, P.M. McGinley, L.E. Katz (1992). "A distributed reactivity model for sorption by soils and sediments. Conceptual basis and equilibrium assessments". *Environmental Science and Technology*. 26 (10), 1955-1962.

[51] M.J. Temkin, V. Pyzhev. (1940). "Recent modifications to Langmuir isotherms". *Acta Physico-Chimica Sinica*. 12: 217-225.

[52] W.D. Harkins, E.J. Jura. (1944). "The decrease of free surface energy as a basis for the development of equations for adsorption isotherms; and The Existence of Two Condensed Phases in Films on Solids". *Journal of Chemical Physics*. 12(3): 112-113.

## ملخص

في هذا العمل، ندرس إزالة الصبغات العضوية بواسطة كربونين منشطين. أجريت سلسلة من التجارب لدراسة التأثير على قدرة الامتزاز لبعض المتغيرات مثل كتلة المادة الماصة، ودرجة الحموضة، ووقت التلامس، والتركيز الأولي للأصبغ ودرجة الحرارة. أظهرت جميع النتائج التي تم الحصول عليها أن حركية الامتزاز للصبغة على المادتين موصوفة جيدًا بواسطة نموذج الدرجة الثانية الزائف مع معامل الارتباط  $R^2 > 0.99$ . تم وصف متساوي الامتزاز لأنظمة الممتازات التي تمت دراستها بشكل مرض من خلال النموذج الرياضي لانجموير وفريوندليش. تأثير الأس الهيدروجيني للمحلول ضئيل على أداء التبييض. من ناحية أخرى، أوضحت الدراسة الديناميكية الحرارية أن الامتزاز تلقائي وطارد للحرارة CA1 وامتصاص للحرارة لـ CA2. الكلمات المفتاحية: ملون عضوي، تأثير الكتلة، لانجمير، فريوندليش.

## Résumé

Dans ce travail, nous étudions l'élimination de colorants organiques par deux charbons actifs. Une série d'expériences a été réalisée afin d'étudier l'influence sur la capacité d'adsorption de certains paramètres tels que la masse de l'adsorbant, le pH, le temps de contact, la concentration initiale des colorants et la température. L'ensemble des résultats obtenus montre que la cinétique d'adsorption du colorant sur les deux matériaux est bien décrite par le modèle du pseudo second ordre avec un coefficient de corrélation  $R^2 > 0,99$ . Les isothermes d'adsorption des systèmes adsorbant/adsorbât étudiés sont décrites de manière satisfaisante par le modèle mathématique de Langmuir et Freundlich. Le pH de la solution a peu influence sur le rendement de décoloration. D'autre part, l'étude thermodynamique a révélé que l'adsorption est spontanée et exothermique pour le CA1 et endothermique pour le CA2.

**Mots clés :** Colorant organique ; effet de masse ; Langmuir ; Freundlich

## Summary

In this work, we study the removal of organic dyes by two activated carbons. A series of experiments was carried out in order to study the influence on the adsorption capacity of certain parameters such as the mass of the adsorbent, the pH, the contact time, the initial concentration of the dyes and the temperature. All the results obtained show that the adsorption kinetics of the dye on the two materials is well described by the pseudo second order model with a correlation coefficient  $R^2 > 0.99$ . The adsorption isotherms of the adsorbent/adsorbate systems studied are satisfactorily described by the mathematical model of Langmuir and Freundlich. The pH of the solution has little influence on the bleaching performance. On the other hand, the thermodynamic study revealed that the adsorption is spontaneous, exothermic for CA1, and endothermic for CA2.

**Key words :** Organic dye ; Masse effect ; Langmiur ; Freundlich