



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences et de la technologie
Département de chimie industrielle

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques
Filière : Science génie de l'environnement
Spécialité : Génie des procédés de l'environnement

Réf. :

Présenté et soutenu par :
DEBABECHE LINDA

Le : dimanche 7 juillet 2019

L'adsorption des substances humiques par charbon activé préparé à partir des coquilles des noyaux d'abricots de N'gaous

Jury :

Dr.	CHEBBI RACHID	MCB	Université de Biskra	Président
Dr.	FADEL AMMAR	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
Dr.	AIDI AMEL	MCA	Université de Biskra	Examinatrice

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciement

ALLAH merci pour m'avoir donné la santé, la volonté et le courage sans lesquels ce travail n'aurait pu être réalisé. Ces quelques lignes sont une occasion pour moi de remercier les personnes qui, de près ou de loin, m'ont soutenu de diverses manières et sans qui, ce travail n'aurait pas aboutit.

*Je tiens à adresser mes sincères remerciements à mon encadreur, monsieur le Docteur **Fadel Ammar**, sa disponibilité, sa compétence, sa patience sa gentillesse son dévouement et de ses conseils judicieux qui m'ont été grand soutien moral et qui m'ont amené à réaliser ce travail.*

*Mes sincères remerciements vont à **Dr. Chabbi Rachid** pour avoir accepté de présider le jury de soutenance de ce mémoire. je lui exprime toute ma reconnaissance pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail.*

*Je voudrais aussi remercier **Dr. Aidi Amel** pour l'honneur qu'elle m'a fait en acceptant d'examiner ce travail.*

*J'adresse également mes vifs remerciements à **Dr. Laiadhi Djemoui**, et tous les enseignants de la faculté de science technique de l'Université de Biskra, ainsi que tous les personnels de département de chimie industrielle.*

*Je remercie sincèrement le responsable du laboratoire de recherche en Génie civil, Hydraulique et du Développement Durable et Environnement **M^{lle} Khadija** et le responsable de laboratoire de département d'agronomie monsieur **Hicham**; et aussi l'équipe du laboratoire de la science de la matière.*

*A toute la promotion de master 2^{ème} Génie de l'environnement et Génie Chimique. Je n'oublie pas, mes remerciements s'adressent également au chef du département de Chimie industrielle **Dr. Sakri Adel**.*



Dédicace

Je tiens à remercier en premier lieu Dieu le tout Puissant qui nous a donné les capacités physiques et morales ainsi que le courage et la santé pour la réalisation de ce travail.

Je dédie ce travail à la mémoire à:

A ma très chère mère

A mon père

A mon frère et mes sœurs

A tous les familles Debabeche et Mounib.

A tous mes amis réel : Amel, Linda, Ibtissam, Iman, Amina

A tous ceux qui me sont chers.

*A tous le groupe de laboratoire Chimie Industrielle pour leurs
Collaboration fidèle durant tous mes travaux; en particulier M^{lle} Naili Radia et
Chebah Ilyes et Zobida pour leur assistance*

Linda

Sommaire

Remerciements	
Dédicace	
Liste des Figure	
Liste des Tableaux	
Liste des Abréviations	
Introduction Générale	1
<i>CHAPITRE I : généralité sur les substances humiques</i>	
I.1.Introduction	3
I.2.Définition	3
I.3.Origine	3
I.4.Composition et propriétés	4
I.5.La formation des substances humiques	5
I.6.Structure des substances humiques	6
I.7.Les substances humiques dans les eaux de surface Algérienne	7
<i>CHAPITRE II : généralité sur l'adsorption et charbon actif</i>	
II.1.Introduction	8
II.2.Définition	8
II.2.1.Description du phénomène d'adsorption	8
II.3.Type de l'adsorption	9
II.3.1.Adsorption physique	10
II.3.2.Adsorption chimique	10
II.4.Les domaines d'application	10
II.5.Capacité d'adsorption	11

II.5.1.La surface (ou aire) spécifique de l'adsorbant	11
II.5.2.Nature de liaison adsorbat-adsorbant	11
II.5.3.Temps de contact entre le solide les solutés	12
II.6.Isotherme d'adsorption	12
II.6.1.Modèles d'isotherme	12
II.6.1.1.Modèles de Langmuir	12
II.6.1.2.Modèles de Freundlich	13
II.6.1.3.Modèles d'Elovich	13
II.6.1.4.Modèles de Tenkin	14
II.7.Facteur influençant sur le phénomène d'adsorption	14
II.8.Les adsorbant	14
II.8.1.Les principaux type d'adsorbants	14
II.8.1.1.Définition	15
• Structure du charbon actif	15
• Propriétés	16
• Propriétés texturales	16
• Propriétés chimique	17
II.8.1.2.Quelque application de charbon actif	18
II.8.1.3.Les avantages et les inconvénients	19
<i>CHAPITRE III : Etude Expérimentale</i>	
III.1.Introduction	20
III.2.Les produits et les équipements utilisés	20
1. Les produits utilisés	20
2. Les équipements utilisés	20

III.3.Caractéristique des substances humiques	21
III.4.Préparation de la solution mère de substance humique	21
III.5.Fabrication et application du charbon actif du à partir des noyaux d'abricots	22
III.5.1.Préparation du charbon brut des noyaux d'abricots	23
1. Collecte les noyaux d'abricots	23
2. Prétraitement des noyaux d'abricots	23
III.5.2.l'activation chimique par les agents chimique (H_3PO_4 , $ZnCl_2$, $NaOH$)	25
III.6.Méthode d'analyse	26
III.6.1.Analyse structurale par spectroscopie IR-IF	26
III.6.2.Détermination du Ph isoélectrique $pH_{(PCN)}$	29
<i>CHAPITRE IV : Résultats et discussion</i>	
IV.1.Introduction	31
IV.2.Description des essais d'adsorption de substance humique sur le charbon actif	31
IV.3.Etude d'élimination (l'adsorption) de la substance humique sur charbon actif	33
1. L'effet de la concentration initial de la substance humique	33
2. L'effet de la masse d'adsorbant	34
3. L'effet de temps de l'agitation	34
4. L'effet de pH	35
5. L'effet de la vitesse d'agitation	36
6. L'effet de la température	37
IV.4.Isotherme d'adsorption	38
IV.4.1.Loi de Freundlich	38
IV.4.2.Loi de Langmuir	39
IV.5.Modélisation des cinétiques d'adsorption	40

IV.5.2.Modèle cinétique de pseudo-second ordre	41
Conclusion générale	43
Références bibliographiques	
Résumé	

LISTE DES FIGURES

<i>PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</i>		
Chapitre	Titre	Page
<i>Chapitre I</i>	Figure I.1 : Structure hypothétique de substances humiques résultant d'un assemblage aléatoire de différentes.	6
<i>Chapitre II</i>	Figure II.1 : Domaines d'existence d'un soluté lors de l'adsorption sur un matériau microporeux.)	9
	Figure II.2: Structure cristalline: (a) graphite ; (b) charbon actif.	16
	Figure II.3 : Structure chimique du charbon actif et représentation schématique de sa structure.	16
	Figure II.4 : Groupes de surface du CA	17
<i>PARTIE III: ETUDE EXPERIMENTALE</i>		
<i>Chapitre III</i>	Figure III.1: Spectre visible de la substance humique étudié (Concentration en substance humique 100mg/l).	21
	Figure III.2 : Courbe d'étalonnage de la substance humique.	22
	Figure III.3 : les matières premières (fruits d'abricots) de N'Gaous	23
	Figure III.4: Carbonisation et séchage les coques.	24
	Figure III.5 : Coques des noyaux d'abricots carbonisés.	24
	Figure III.6: la noire de charbon brut en poudre	25
	Figure III.7 : Spectres IR du charbon brut (CBr) et du charbon actif (CA) étudiés obtenus par l'activation avec ZnCl ₂ .	26
	Figure III.8 : Détermination du pH isoélectrique pH (PCN).	28
<i>Chapitre IV</i>	Figure IV.1 : Le procédé d'agitation	31
	Figure IV.2 : Le procédé de séparation solide-liquide : (a) : filtration ; (b) : centrifugation	32

Figure IV.3 : Effet de concentration initial de la SH sur (a) la capacité et (b) le rendement d'adsorption de SH sur le charbon actif (CANA).	33
Figure .IV.4 : Effet de masse d'adsorbant de SH sur (a) la capacité et (b) le rendement d'adsorption de SH sur le charbon actif.	34
Figure. IV.5 : Effet du temps de contact sur (a) la capacité et (b) le rendement d'adsorption de SH sur le charbon actif(CANA).	35
Figure IV.6 : Effet du pH sur (a) la capacité et (b) le rendement d'adsorption de SH sur le charbon actif(CANA).	36
Figure IV .7 : Effet de la vitesse d'agitation de SH sur (a) la capacité et (b) le rendement d'adsorption de SH sur le charbon actif.	38
Figure IV.8 : Effet de température de SH sur (a) la capacité et (b) le rendement d'adsorption de SH sur le charbon actif.	38
Figure IV.9 : présentation du modèle de Freundlich	39
Figure IV.10 : Présentation de l'équation de Langmuir.	40
Figure IV.11: Modèle de la cinétique du pseudo-premier ordre.	41
Figure IV.12 : Modèle de la cinétique du pseudo-second ordre.	42

LISTE DES TABLEAUX

<i>Chapitre</i>	<i>Tableaux</i>	<i>Page</i>
<i>PARTIE I : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE</i>		
<i>Chapitre I</i>	Tableau I.1: Composition élémentaire moyenne de substances humiques(en%) les rapports O/C et H/C sont des pourcentages atomiques.	5
	Tableau I.2 : Les substances humiques dans les eaux de surface algériennes.	7
<i>Chapitre II</i>	Tableau II.1 Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique.	10
	Tableau II.2 caractéristiques des principaux adsorbants industriels	15
<i>PARTIE II : ETUDE EXPERIMENTALE</i>		
<i>Chapitre III</i>	Tableau III.1: caractéristique des substances humiques.	21
	Tableau III.2 : Bandes caractérisé du chacun charbon et de la SH.	27
<i>Chapitre IV</i>	Tableau IV.1 : Paramètres des isothermes de Langmuir et Freundlich	40
	Tableau IV.2 : Résultats relatifs aux modèles cinétiques de pseudo-second Ordre.	42

LISTE DES ABRIVIATIONS

SH	Substance humique
IUPAC	Union international de chimie pure et applique
Da	Daltons
RMN	Résonance Magnétique Nucléaire
Øp	diamètre des pores
AH	Acide humique
AF	acide fulvique
CA	Charbon actif
CBr	Charbon brut
Abs	Absorbance
IR	Infrarouge
CANA	Charbon active noyaux d'abricots

Introduction Générale

Introduction générale

Les eaux de surface contiennent des matières organiques et minérales provenant soit de la vie végétale et animale, soit de la chimie de synthèse organique ou minérale. Dans le domaine des matières organiques naturelles, les substances humiques, composées principalement d'acides humiques et fulviques, occupent une très grande part. Elles sont responsables de la coloration de l'eau, possèdent des propriétés d'échangeurs d'ions et des propriétés de complexation. Elles peuvent être un véhicule pour la plupart des substances toxiques (métaux lourds, pesticides...), participent également à la corrosion du système de distribution et au colmatage des résines et des membranes[1].

En Algérie, les substances humiques peuvent représenter une part importante de la charge organique des eaux superficielles. Il constitue généralement la catégorie la plus importante dans ces eaux avec des concentrations supérieures à 1 mg/l et une proportion de l'ordre de 40 à 90% de COT [2]. Il en découle que ce type de composé organique présente souvent des potentiels de réactivité considérables vis-à-vis du chlore accompagnés par la formation des composés organohalogénés et en particulier les trihalométhanes. Ces substances peuvent générer une toxicité chronique (effet mutagènes et cancérogènes), et s'ils sont formés.

Différentes techniques ont été utilisées pour l'élimination de certains polluants solubles dans les effluents industriels ou domestiques. Elles sont différentes les unes par rapport aux autres et peuvent être citées à titre d'illustration l'adsorption, l'électrolyse, la flottation, la précipitation, les échanges d'ions, l'extraction liquide-liquide, la filtration membranaire etc.

Dans ce contexte, l'adsorption s'avère être une technique simple et efficace pour l'élimination des polluants organiques et minéraux, que ce soit pour des eaux chargées ou encore dans les traitements tertiaires de peaufinage de la qualité des effluents des stations d'épuration en vue d'une réutilisation industrielle ou agricole de ces effluents. En plus, la mise en place de la technique d'adsorption n'est pas onéreuse comparativement aux techniques utilisées [3].

Les recherches sont axées sur l'utilisation des adsorbants de faible coût, disponible localement, adsorbant biodégradable, fabriqué à partir des sources naturelles, ces dernières années, les charbons actifs synthétisés, à partir des résidus d'agriculture ont été largement

Introduction générale

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.

Tous les matériaux bon marché tels que les déchets de la biomasse : peau de pomme, les noyaux des dattes, les noyaux d'olives , les noyaux de pêche, les épis de maïs, les grains de café et le marc de café , les déchets de thé, la bagasse , la coquille de noix de coco et les noyaux d'abricot ... avec une teneur élevée en carbone peuvent être utilisés comme précurseurs pour la production de charbon actif. Ces précurseurs moins chers et renouvelables par rapport au charbon actif commercial [4].

L'objectif de notre travail est de préparer un charbon actif à partir de noyaux d'abricots d'origine **N'gaous- Batna** afin d'obtenir un produit applicable dans le traitement des eaux et notamment pour l'élimination de la matière organique « substance humique » en utilisant l'adsorption.

Ce mémoire comporte quatre chapitres :

- Dans le premier chapitre, on trouve des généralités sur la pollution de l'eau par les substances humiques. en insistant la formation et propriété, et la structure, toute en faisant une description générale sur les substances humiques.
- Le deuxième chapitre est consacré à la présentation des généralités sur l'adsorption, essentiellement les différents paramètres influant sur l'adsorption et leur classes et les leurs modèles les plus utilisés pour la description de ce phénomène et le charbon actif.
- Dans le troisième chapitre traite la partie expérimentale, décrira l'ensemble des méthodes expérimentales et les différentes techniques analytiques ainsi que le matériel utilisé dans cette étude.
- Dans le quatrième chapitre, ont fait une discussion des résultats obtenus.
- Une conclusion générale récapitule les principaux résultats obtenus au cours de ce travail.

Premier partie
Partie Bibliographique

CHAPITRE I

Généralité sur les substances humiques

I.1.Introduction

Les substances humiques aquatiques représentent 25 à 50% de la matière organique dissoute dans les eaux de surface [5]. Elles font l'objet d'une attention particulière dans le domaine de la potabilisation, puisqu'elles représentent la fraction prépondérante du carbone organique réfractaire à l'assimilation bactérienne, et sont susceptibles de former des composés organiques organohalogénés lors de la chloration des eaux.

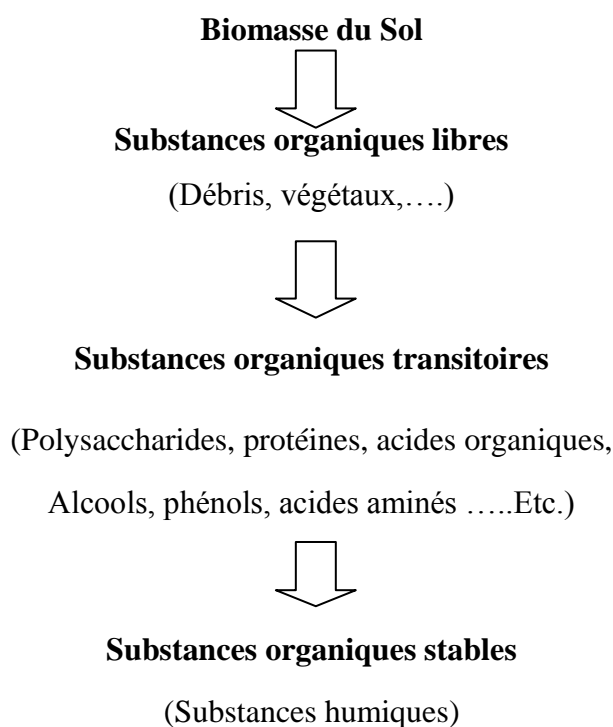
I.2.Définitions

La plus grande partie de la matière organique des sols et des sédiments est constituée de produits amorphes à caractère acide, caractérisés par une couleur brune, jaune ou noire, une structure moléculaire encore très complexe, et connus sous le nom d'humus ou de matière humique [6].

I.3.Origine

L'origine de la formation des composés humiques, interviennent des réactions chimiques et/ou biochimiques ayant lieu lors du processus d'humification responsable de la sénescence des organismes vivants, végétaux, animaux ou micro-organiques [7].

Le processus d'humification simplifié peut être représenté de la manière suivant :



Les principaux précurseurs de la d'humus sont en majeure partie [8], les hydrates de carbone (cellulose, hémicellulose..) ainsi que la lignine et ses dérivés.

La nature de ces substances humiques est très variable et très complexe dans la mesure où elle dépend de la couverture végétale, de la composition biologique et minéralogique du sol, ainsi que d'autres facteurs influençant leur formation tels que : l'humidité, la température, l'activité bactérienne, la luminosité ...etc.

I.4. Composition et propriétés des substances humiques

Les substances humiques sont caractérisées par une couleur brune à noire. Elles regroupent les acides fulviques, solubles à la fois en milieux alcalin et acide, les acides humiques, solubles uniquement en milieu alcalin, et l'humine, insoluble quelque soit le milieu. La composition du sol varie à la fois dans l'espace et dans le temps, fonction de son utilisation, de facteurs anthropiques et climatiques.

Il en est de même pour les SH puisque celles-ci sont issues de la transformation de la matière organique d'origines végétale et animale. Les informations disponibles dans la littérature les concernant correspondent en fait une moyenne de leurs constituants [9].

Des études chimiques et spectroscopiques [10] (absorption UV-visible, absorption infrarouge, diffusion Raman, fluorescence, RMN) ont permis la mise en évidence de certaines de leurs caractéristiques :

Une composition élémentaire (C, H, N, S, O) et des rapports O/C et H/C tels que ceux présentés dans le **Tableau I.1**

- Des dimensions colloïdales, intermédiaires entre celles de la molécule et de la particule.
- Des masses molaires moyennes comprises entre 20 000 et 50 000 Da [11].
- Des structures constituées de noyaux aromatiques, de chaînes aliphatiques et de groupements fonctionnels à caractère acide.
- Une capacité importante à adsorber des molécules organiques et à complexer des cations métalliques.

Tableau I.1 : Composition élémentaire moyenne de substances humiques(en%) [12]
les rapports O/C et H/C sont des pourcentages atomiques.

	C	H	N	S	O	O/C	H/C
Acides humiques	55.1	5.0	3.5	1.8	35.6	0.50	1.10
Acides fulviques	46.2	4.9	2.5	1.2	45.6	0.76	1.28
Humine	56.1	5.5	3.7	0.4	34.7	0.46	1.17

Leur grande réactivité s'explique par la présence de groupements fonctionnels récurrents dont des groupements azotés (amine primaire, imine, amide), oxygénés aliphatiques (aldéhyde, cétone, alcool, acide carboxylique) et aromatiques (phénol, quinone, hydroxyquinone) [13]. Les groupements acide carboxylique et phénolique sont les plus importants et représentent environ 50 % des atomes d'oxygène des acides fulviques et des acides humiques [14].

I.5. La formation des substances humiques

Les substances humiques sont issues des processus de formation naturels faisant intervenir des transformations microbiologiques (dégradation des composé organiques : débris végétaux et animaux) et chimique (condensation), conduisent à des états de dégradation plus ou moins complexes [15].

Lors de la transformation microbiologique, une partie des débris se minéralise (transformation en gaz carbonique, nitrate et autres composés solubles), une autre est utilisée pour construire de nouvelles molécules de plus en plus complexes, c'est l'humification. Elle est définie comme : « un processus permet à la matière organique faiblement biodégradable de subir une lente métabolisation la conduisant principalement à la formation de molécules complexes de type substance humique, l'humus ». Dans l'humus formé, la matière organique est subdivisée en deux fractions :

- **Substances non humiques :** qui incluent des structures facilement biodégradables (sucres, protéines, lipides, etc.),
- **Substances humiques :** contiennent des structures plus réfractaires, Cette classe de composés joue un rôle important dans la chimie des eaux, c'est pourquoi elle est étudiée avec un grand intérêt. Les composés répondant aux définitions « acide humique et fulvique » sont formés à deux stades différents du cycle de la matière organique naturelle : en phase de dégradation et en phase d'humification.

- **la dégradation** : la dégradation des bio-polymères organiques peut conduire à la formation de composés de type AH qui en se décomposant donnent des composés de type AF qui se décomposent à leur tour en plus petites molécules organiques. Cette dernière fraction organique, est alors directement minéralisée ou bien impliquée dans les processus d'humification.
- **L'humification** : présentée par des réactions de condensations interviennent sur des petites molécules pour donner en premier lieu des AF puis des AH et finalement de la matière organique kérogène.

Par conséquent la dégradation tout comme l'humification conduisent à la formation de molécules répondant aux critères de définition des AH et des AF, mais les composés formés sont théoriquement différents.

I.6. Structure des substances humiques

Si les structures des substances non humiques sont bien connues, il n'en est pas de même pour celles des substances humiques. A ce jour, aucune structure réelle n'a été identifiée, seules des structures hypothétiques (**Fig. I.1**) ont été proposées sur la base de leurs propriétés et des groupements fonctionnels récurrents qu'elles possèdent.

Deux approches ont été envisagées pour tenter de déterminer leur structure [13]. La première consiste à s'appuyer sur des structures moléculaires isolables respectant parfaitement toutes leurs propriétés (compositions élémentaire et fonctionnelle, aliphaticité, aromaticité). La seconde est d'élaborer des pseudo-structures ne respectant qu'en partie ces propriétés et n'ayant ni formule chimique ni masse moléculaire précise, le but étant de réduire les contraintes afin de mieux comprendre les quelques, et non plus toutes, propriétés visées.

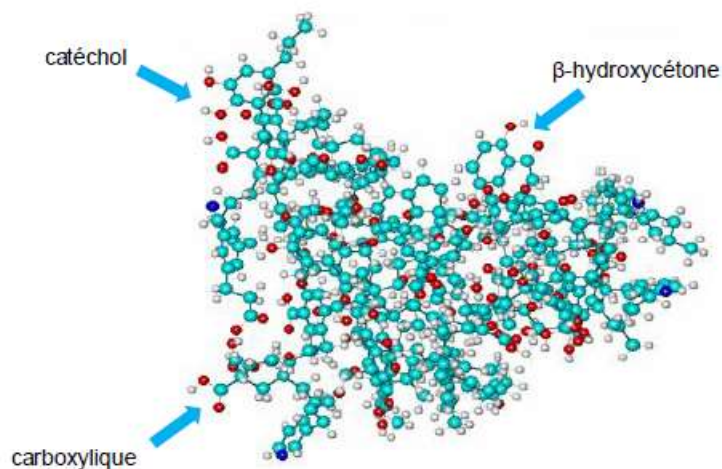


Figure I.1 – Structure hypothétique de substances humiques résultant d'un assemblage aléatoire de différentes.

I.7. Les substances humiques dans les eaux de surface algériennes

Il est bien connu aujourd'hui qu'en Algérie, le matériel humique représente souvent une part non négligeable de la charge organique totale des eaux superficielles, notamment dans le cas des eaux de barrage, soit 60 à 90% du carbone organique total [16-17]. Toutefois, Les résultats de diverses études [17-21] ; [2] ont pu donner un aperçu sur les concentrations des substances H dans différents types d'eaux de surface algériennes. Les différentes concentrations des SH dans les eaux de surface algériennes sont présentées dans le **tableau I.2**.

Tableau I.2 : Les substances humiques dans les eaux de surface algériennes.

Eaux de surface	Substance humique (mg/l)	Références
Barrage Ain Zada	4.95 à 8.50	Achour et Moussaoui ; 1993
Hammam Ghrouz	4.80	Achour, 2001
Barrage de Beni Zid	3.94	Guergazi, 2006
Barrage Zit Emba	5.11	Achour, et al 2009
Barrage d'Ain Dalia	3.80	Amimeur, 2012 et
Barrage Hammam Debagh	6.64	Harrat, 2013 et
Barrage de Cheffia	11.25	Yahiaoui, 2015
Barrage de Mexa	27.41	
Barrage de Fontaine de Gazelles	1.57 à 3.32	
Barrage de Fom Gherza	7.10	
Barrage de Tichy Haf	5.25	
Kherrata	8.50	

CHAPITRE II

Généralité sur l'adsorption et charbon actif

II.1.Introduction

Une des techniques très fréquemment adoptées pour le traitement de l'eau et des effluents industriels est l'adsorption. Son principe repose sur la propriété qu'ont les solides à fixés sur leurs surfaces certains polluants tels que la matière organique de type humique et non humique.

Dans ce chapitre nous allons donner quelques généralités sur l'adsorption pour mieux définir l'importance de ce processus, expliquer sa cinétique, ses caractéristiques, les type adsorbants et les paramètres influant sur l'adsorption.

II.2. Définition

Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par Keyser 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 [22].

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.

II.2.1.Description du phénomène d'adsorption

L'adsorption se produit principalement en quatre étapes. La **figure II-1** représente un matériau (adsorbant) avec les différents domaines dans lesquels peuvent se trouver les molécules organiques ou inorganiques qui sont susceptibles de rentrer en interaction avec le solide [23].

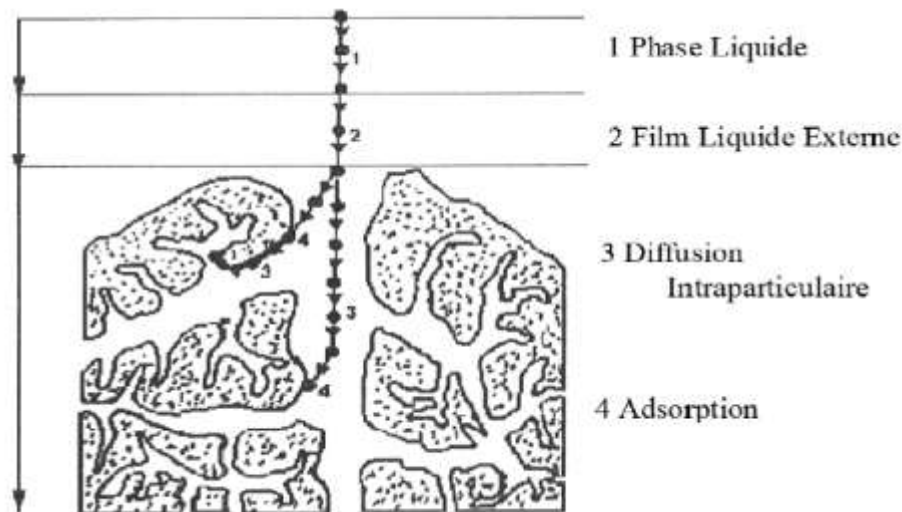


Figure II.1 : Domaines d'existence d'un soluté lors de l'adsorption sur un matériau microporeux.) [24].

Avant son adsorption, le soluté va passer par plusieurs étapes : [25].

- 1)- Diffusion de l'adsorbât de la phase liquide externe vers celle située au voisinage de la surface de l'adsorbant.
- 2)- Diffusion extragranulaire de la matière (transfert du soluté à travers le film liquide vers la surface des grains).
- 3)- Transfert intragranulaire de la matière (transfert de la matière dans la structure poreuse de la surface extérieure des grains vers les sites actifs).
- 4)- Réaction d'adsorption au contact des sites actifs, une fois adsorbée, la molécule est considérée comme immobile.

II.3.Type de l'adsorption

Il est possible de distinguer deux types d'adsorption en utilisant plusieurs critères. L'ensemble de ces critères est regroupés dans le **tableau II.1**.

Tableau II.1 : Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique [26]

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption Chimique
Types de liaison	Liaison de Van Der Waals	Liaison chimique
Température du Processus	Relativement faible comparé à la température d'ébullition de l'adsorbât	Plus élevée que la température d'ébullition de l'adsorbât
Individualité des molécules	L'individualité des molécules et conservée	Destruction de l'individualité des molécules
Désorption	Facile	Difficile
Cinétique	Rapide, indépendante de la température	Très lente
Chaleur d'adsorption	Inférieur à 10 kcal/mole	Supérieur à 10 kcal/mole
Énergie mise en jeu	Faible	Élevée
Type de formation	Formation en multicouches	Formation en monocouche

La grandeur des forces attractives ainsi que leur origine amènent à classer l'adsorption en deux grandes familles [27].

II. 3.1. Adsorption physique

Dans l'adsorption physique, les forces intermoléculaires faible, dites forces de Van der Waals, interviennent dans l'attraction et la fixation des espèces dissoutes par le substrat solide aux propriétés adsorbantes [28]. C'est un processus instantané car la vitesse d'adsorption est très rapide. Ce type d'adsorption est favorisé par une diminution de la température car elle se caractérise par une réversibilité rapide.

II.3.2. Adsorption chimique

L'adsorption chimique résulte, par contre, de l'établissement de liaisons chimiques souvent de natures covalentes ou ioniques comme dans le cas de l'échange d'ions (couple de charges opposées). Dans ce type d'adsorption, le phénomène de fixation peut être irréversible et conduit à la modification chimique de l'espèce adsorbée.

II.4. Les domaines d'applications de l'adsorption

Les nombreuses applications techniques de l'adsorption résultent de trois caractéristiques qui la différencie des autres procédés de séparation, à savoir :

- La rétention des très petites particules, comme par exemple les colloïdes ;
- La rétention des composants à très faible concentration, par exemples des impuretés ou des molécules et ions métalliques qui confèrent au produit couleurs, odeurs ou saveurs désagréables, voir une toxicité ;
- La sélectivité de l'adsorbant par rapport à certains constituants du mélange ;

Parmi les applications, on cite :

- Le séchage, purification et désodorisation des gaz ;
- Le raffinage des produits pétroliers ;
- La catalyse de contact ;
- La déshumidification et la désodorisation de l'air ;
- A récupération des solvants volatils et de l'alcool dans le processus de fermentation ;
- La décoloration des liquides
- La chromatographie gazeuse (méthode de fractionnement basée sur les différences de vitesse d'adsorption de substances différentes, sur un adsorbant donné) [29].

II.5. Capacité d'adsorption

La capacité d'adsorption d'un adsorbant est définie comme étant le pouvoir de fixation (ou de rétention) que possède un adsorbant. Elle dépend essentiellement d'un certains nombres de paramètres dont les principaux sont :

II.5.1. La surface (ou aire) spécifique de l'adsorbant :

Les solides adsorbants existants dans les milieux naturels (exemples : argiles, zéolites ou silices), possèdent des surfaces spécifiques variables avec l'état physico-chimique du milieu aqueux notamment le pH, la nature des ions liés et la saturation de la surface par les molécules organiques.

Ainsi, certaines argiles (comme la bentonite), ont des surfaces (variantes de 40 à 800 m² /g) accessibles à la plupart des molécules. Leurs capacités d'adsorption est très variables. Cependant, les adsorbants industriels (essentiellement les charbons actifs) développent de grandes surfaces spécifiques (de l'ordre de 600 à environ 1200 m² /g). Ces surfaces sont caractérisées par une forte microporosité, d'où une capacité d'adsorption importante [30-31].

II.5.2. Nature de la liaison adsorbat-adsorbant

Elle représente la nature et la valeur de l'énergie libre d'interaction entre les sites d'adsorption et la partie de la molécule en contact avec la surface. Elle est directement mesurable dans le cas de l'adsorption des gaz. Par contre en milieux aqueux, les techniques

calorimétriques n'enregistrent que l'enthalpie différentielle correspondant à la différence des énergies d'adsorption des molécules adsorbées et de désorption de l'eau liée à l'interface [32].

II.5.3. Temps de contact entre le solide et les solutés

L'introduction du facteur temps dans les processus d'adsorption est d'une grande importance. En effet, les réactions chimiques ne sont pas instantanées, même les réactions les plus rapides exigent un certain délai. Jusque là, les chimistes ne considéraient que l'état initial et l'état final d'une réaction et ils admettent qu'à l'équilibre, il y'a un échange dynamique entre les molécules de la phase adsorbée et celles restantes en solution [32].

II.6. Isothermes d'adsorption

Tous les systèmes adsorbant/adsorbât ne se comportent pas de la même manière. Les Phénomènes d'adsorption sont souvent abordés par leur comportement isotherme. Les courbes isothermes décrivent la relation existante à l'équilibre d'adsorption entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant donné à une température constante.

II-6-1-Modèles des isothermes

II-6-1-1-Modèle de Langmuir

Ce modèle est très utile pour l'adsorption mono-moléculaire d'un soluté en formant une monocouche à la surface d'un adsorbant, ce modèle est utilisé quand les conditions suivantes ;

L'espèce adsorbée est fixée sur un seul site bien défini, de l'adsorbant (adsorption localisée)

- Chaque site n'est capable de fixer qu'une seule espèce adsorbée,
- L'énergie d'adsorption de tous les sites est identique et indépendante des autres espèces déjà adsorbées sur des sites voisins. (Pas d'interaction entre les molécules) [32], [33], [34], [35].

L'équation de Langmuir s'écrit comme suit :

$$Q_e = \frac{X}{m} = \frac{Q_0 b C_e}{1 + b C_e} \quad (II.1)$$

- C_e : Concentration à l'équilibre (mg/l),
- Q_e : quantité du produit adsorbé par unité de masse d'adsorbant (mg/g)
- X : Quantité d'adsorbat (mg)

- m : Masse de charbon actif (g)
- b : Constante d'équilibre thermodynamique en relation avec l'énergie d'adsorption

La représentation graphique de l'équation (II.2) donne :

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_0} + \frac{1}{b Q_0 C_e} \quad (II.2)$$

II-6-1-2-Modèle de Freundlich

L'isotherme de Freundlich a été présentée en 1926. Elle repose sur l'équation empirique, utilisée pour la représentation pratique de l'équilibre d'adsorption entre un micropolluant et la surface de l'adsorbat. Elle se présente sous la forme :

$$Q = \frac{X}{m} = K C_e^{\frac{1}{n}} \quad (II.3)$$

- K_F et n : constantes caractéristiques respectivement cinétiques et de l'efficacité d'adsorption d'un adsorbant donné vis-à-vis d'un soluté donné
- C_e : Concentration à l'équilibre (mg/l).

La linéarisation de l'équation ; donne :

$$\ln Q_e = \ln \frac{X}{m} = \ln(K C_e^{\frac{1}{n}}) = \ln K + \left(\frac{1}{n}\right) \ln C_e \quad (II.4)$$

II-6-1-3-Isotherme d'Elovich

La relation d'Elovich(1962) diffère de celle de Langmuir au sujet de l'évolution des sites d'adsorption. Le nombre de site disponible varie dans ce modèle de manière exponentielle au cours de l'adsorption, ce qui implique une adsorption en plusieurs couches. L'isotherme d'Elovich s'exprime par :

$$\frac{q_e}{q_m} = k. C_e. e^{\frac{q_e}{q_m}} \quad (II.5)$$

La linéarisation de l'équation 6 donne :

$$\ln(q_e/q C_e) = \ln(k/q_m) + q_e/q_m \quad (II.6)$$

Où ;

- q_m (mg / g⁻¹) est la quantité maximale adsorbée par unité de masse de l'adsorbant

- K ($L.mg^{-1}$) est La constante d'adsorption d'Elovich liée à l'affinité des sites de surface avec l'adsorbat [35].

II-6-1-4-Isotherme de Temkin

L'isotherme de Temkin tient compte du fait que la chaleur d'adsorption de l'ensemble des molécules de la couche de recouvrement diminue linéairement avec le recouvrement en raison de La diminution des interactions adsorbant-adsorbat. L'adsorption est caractérisée par une distribution uniforme des énergies de liaison en surface. L'isotherme de Temkin est exprimée sous la forme :

$$qe = (Rt/bt). (kt. Ce) \quad (II. 7)$$

Ou sous la forme :

$$qe = B1 \ln k1 + B1 \ln Ce \quad (II. 8)$$

Avec $B1 = RT/bt$ (J/mol), la constante de Temkin relative à la chaleur de sorption et Kt ($L.g^{-1}$), la constante d'équilibre d'adsorption correspondant à l'énergie de liaison maximale [35].

II-7- Facteurs influençant sur le phénomène d'adsorption

L'équilibre d'adsorption, entre un adsorbant et un adsorbat dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont [36-38] :

- les caractéristiques de d'adsorbant : polarité, volume poreux, surface spécifique, fonctions superficielles.... ; ñ
- les caractéristiques de l'absorbat : polarité, solubilité, poids et saturation moléculaire...
- les paramètres physiques : température, pH.

II.8. Les adsorbant

II.8.1. les principaux types d'adsorbants

Les principaux adsorbants employés dans l'industrie sont les charbons actifs, les zéolithes, les gels de silices, les alumines activées dont les caractéristiques sont récapitulées dans le **tableau II.2.**

Tableau II.2 : caractéristiques des principaux adsorbants industriels [38].

adsorbant	Surface spécifique ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	Taille des pores (nm)	Porosité interne
Charbon actif	400 à 2000	1.0 à 4.0	0.4 à 0.8
Zéolithes	500 à 800	0.3 à 0.8	0.3 à 0.4
Gels de silice	600 à 800	2.0 à 5.0	0.4 à 0.5
Alumines activées	200 à 400	1.0 à 6.0	0.3 à 0.6

II.8.1.1. Définition

Le charbon actif ou charbon activé est un matériau constitué essentiellement de matière carbonée à structure poreuse.

On appelle charbon actif tout charbon ayant subi une préparation particulière et qui, de ce fait possède à un haut degré la propriété de fixer et de retenir les fluides amenés à son contact. Il s'agit d'une structure amorphe composée de principalement d'atomes de carbone, généralement obtenue après une étape de carbonisation à haut température, présentant une très grande surface spécifique qui lui confère un fort pouvoir adsorbant [39].

II.8.1.2. structure et propriété de CA

- **Structure du charbon actif**

La structure du charbon actif est semblable à celle du graphite. En effet la structure cristalline de ce dernier consiste en un ensemble de couches planes d'atomes de carbone, ordonnés en hexagone réguliers, comparables aux cycles aromatiques (**Figure II.2**).

L'analyse de diffraction aux rayons X, révèle que sa structure est graphitique, mais avec quelques différences, notamment par la disposition des ces couches planes d'atomes de carbone en un agencement désordonné et par la formation de groupements fonctionnels, dus à la présence d'hétéroatomes (oxygène, métaux, hydrogène...) dans le réseau cristallin [40].

Ces modifications de structure pourront engendrer des interactions spécifiques (groupements fonctionnels) et des interactions non spécifiques (hétérogénéité du réseau) pour cet adsorbant [41].

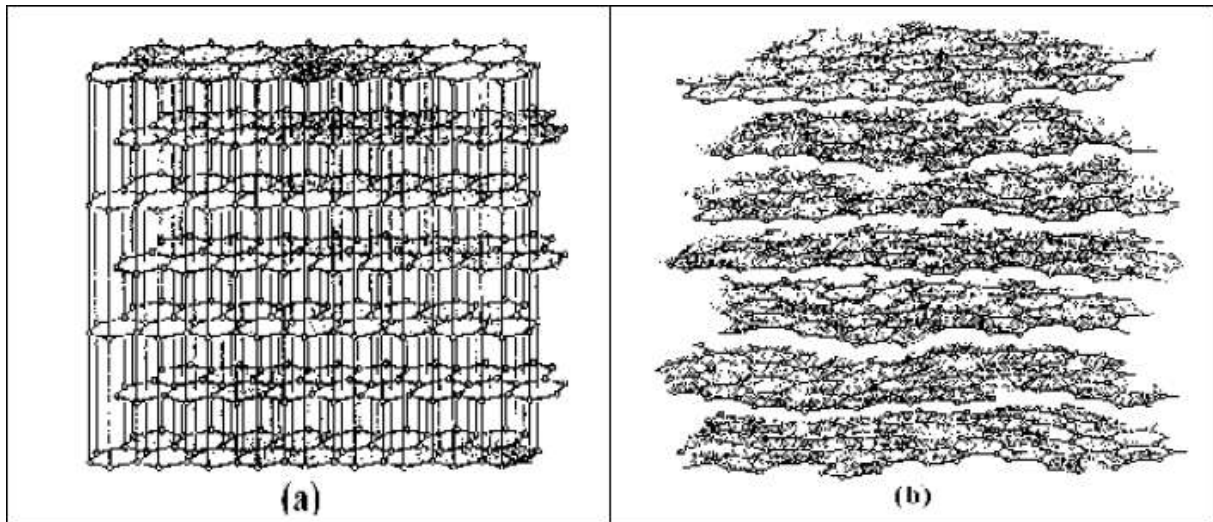


Figure II.2 : Structure cristalline: (a) graphite ; (b) charbon actif [40].

- **Propriétés**

Différentes techniques analytiques ont été développées pour caractériser le charbon actif.

1- Propriétés texturales

La structure du charbon peut être vue comme un assemblage aléatoire de feuillets plans constitués par des polycycles aromatiques (encore appelés feuillets de graphène). L'espace libre entre ces feuillets constitue la porosité du charbon [38].



Figure II.3 : Structure chimique du charbon actif et représentation schématique de sa structure [40]

La structure d'un charbon est donc caractérisée par son volume poreux, la taille et la forme de ses pores. C'est ce qui est à l'origine de sa surface spécifique. Ces propriétés sont principalement développées lors de l'étape d'activation du CA. La distribution de taille de

pores très variée, incluant à la fois des micropores (de diamètre $\text{\AA}p < 2 \text{ nm}$), des mésopores ($2 < \text{\AA}p < 50 \text{ nm}$) et des macropores ($\text{\AA}p > 50 \text{ nm}$), Selon la définition de l'IUPAC [42].

Seuls les micro- et les mésopores contribuent à la capacité d'adsorption des charbons activés. Les micropores et mésopores sont produits par des burn-off inférieurs à 50%. Au-delà de ce degré d'activation les macropores se forment au détriment des micro- et mésopores [39].

Le volume poreux et la taille des pores sont déterminées à partir d'isothermes d'adsorption-désorption d'azote à 77K pour la micro- et meso-pores et les macropores [42].

- **Propriétés chimiques**

Composition global du charbon actif : bien que le carbone soit l'élément majoritaire du charbon actif, d'autres composés (oxygène, hydrogène, soufre, azote, minéraux, ...) sont aussi présents et influent fortement sur les propriétés d'adsorption du charbon actif.

Fonctions de surface du charbon actif: L'hétérogénéité chimique du charbon actif est donc principalement associée aux différentes fonctions de surface, surtout les groupements oxygénés, qui lui confèrent son caractère acido-basique et déterminent, selon l'environnement (pH de la solution) sa charge électrique [42].

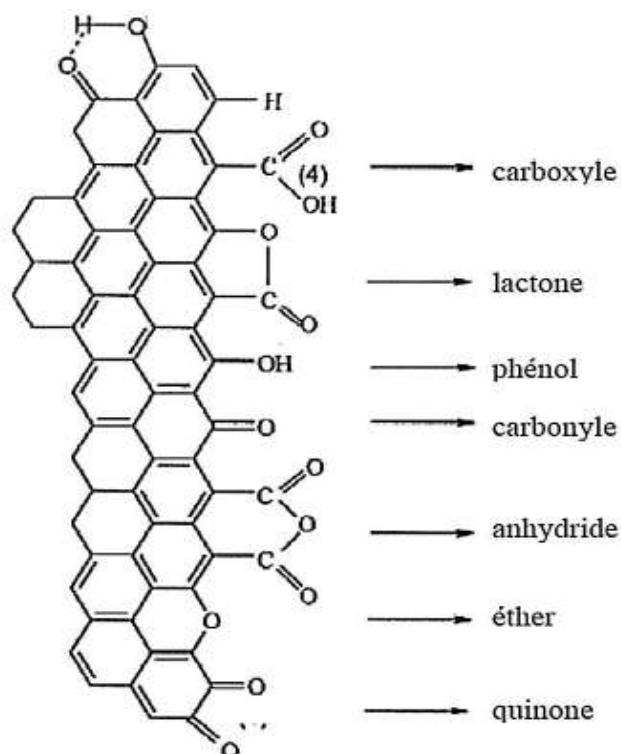


Figure II.4: Groupes de surface du CA [39]

II.8.1.2. Quelque application de CA

L'utilisation du charbon pour un usage autre que celui de combustible est très ancienne: un papyrus daté de 1550 av J.C. signale une application médicale du charbon actif. Pendant la 2eme guerre mondiale, le charbon actif a été utilisé dans les cartouches de masques à gaz. Son emploi s'est ensuite diversifié à 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.
- conditionnement d'air: le charbon actif est employé dans l'équipement d'air conditionné ainsi que pour l'élimination des odeurs d'égouts et d'émanations chimiques.
- Filtres à cigarette: les charbons à base de ouille ou de noix de coco sont utilisés dans la fabrication du filtre à cigarette; ces derniers éliminent une partie des gazes toxiques contenus dans la fumée des cigarettes.
- Récupération des vapeurs d'essence: les filtres à charbon actif contenus dans certaines voitures, fixent les émanations d'hydrocarbures imbrûlés qui s'échappent des véhicules à l'arrêt.
- Synthèse chimique et craquage catalytique: le charbon actif peut agir comme catalyseur ou comme support des catalyseurs à base de métaux précieux.
- Support bactérien: ces dernières années, l'utilisation du charbon actif s'est élargie aux traitements 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. Les études faites sur l'utilisation du charbon actif comme support bactérien (Weber 1978 ; Gaid et Martin 1979) montrent que:

→ Le charbon actif possède une texture idéale pour le développement bactérien.

→ Le charbon actif n'a pas un rôle bactérien sélectif; plusieurs sortes de bactéries sont observées (généralement des bactéries ciliées). Ces dernières appartiennent pour la plupart à la famille des entérobactéries (Gram négatif); il n'y a pas d'explication satisfaisante, à cette présence de bactéries Gram négatif plutôt que Gram positif .

→ Le charbon macroporeux favorise le développement bactérien beaucoup plus que le charbon microporeux en raison de la dimension des bactéries.

II.8.2.5. les avantages et les inconvénients de charbon actif

- **Avantages du charbon actif**

- Le charbon actif en poudre est 2 à 3 fois moins cher que le charbon en granulé
- Des quantités supplémentaires peuvent être rajoutées en cas de pointes de pollution accidentelles ou temporaires.
- L'adsorption est rapide dans la mesure où une grande partie de la surface de contact est directement disponible.

- **Inconvénients du charbon actif**

- Le charbon actif ne peut pas être régénéré quand il est mélangé avec des boues d'hydroxyde.
- Il est difficile d'enlever les dernières traces d'impuretés sans ajouter une quantité très importante de charbon actif en poudre.
- La détection des pointes de pollution est problématique et sa concentration applicable est limitée à 80 mg/l [43].

Deuxième partie
Partie Expérimentale

CHAPITRE III
Matériels et Méthodes

III.1 Introduction

ce chapitre, consiste à la préparation de solution de matière composés organiques testés (substance humique) dans le milieu de dilution (eau distillée). Dans un second temps, décrirons la variation de quelques paramètres physique-chimique : concentration initiale du SH, la masse d'adsorbant, le pH de la solution, le temps d'agitation, et différents vitesses d'agitation, et les températures de la solution pour déterminé les possibilités d'élimination du SH par charbon actif de noyaux d'abricots de commune N'Gaous.

La partie expérimentale de ce travail à été réalisée dans laboratoire de Faculté des sciences et Technologie Département Chimie Industrielle Université Mohamed Khaider-Biskra.

III.2. Les produits et les équipements utilisés

- **Les produits utilisés**
 - Substance humique (Aldrich)
 - Acide phosphorique (H_3PO_4) de (85%).
 - Hydroxyde de sodium (NaOH) : C=0.1N ; M=40 g/mole.
 - Chlorure de Zinc ($ZnCl_2$).
 - Eau distillée
 - Chlorhydrique (HCl) : M=36.45g/mole, C=1N.
- **Les équipements utilisés**
 - Broyeur électrique.
 - Balance électrique.
 - Tamiseur électrique
 - four programmable (four à moufle)
 - Centrifugeuse (Nahita Model 2698)
 - Spectrophotométrie UV-Visible, diffractomètre, spectroscopie infrarouge (IR)
 - Jar-test
 - Agitateur
 - pH mètre (Adwa 1030).

- Papier filtre 0.2 μ m.

III.3. Caractéristique des substances humiques

Dans cette étude on utilise la substance humique commerciale de marque Aldrich, qui résume présente les caractéristiques présentés dans tableau III.1

Tableau III.1 : caractéristique des substances humiques.

Analyse élémentaires(%)	Fonction carboxylique (meq.g ⁻¹)	Fonction hydroxyle (meq.g ⁻¹)	Aromaticité UDO/mg SH
C=51.50, H=4.60 O=29.30 , N=0.70	3.40	0.80	0.015

Le dosage de substances humiques est effectuée par spectrophotomètre à une longueur d'onde 291.37nm le spectrophotomètre utilisé est de type (Lambda 25 UV/Visible spectrometer).

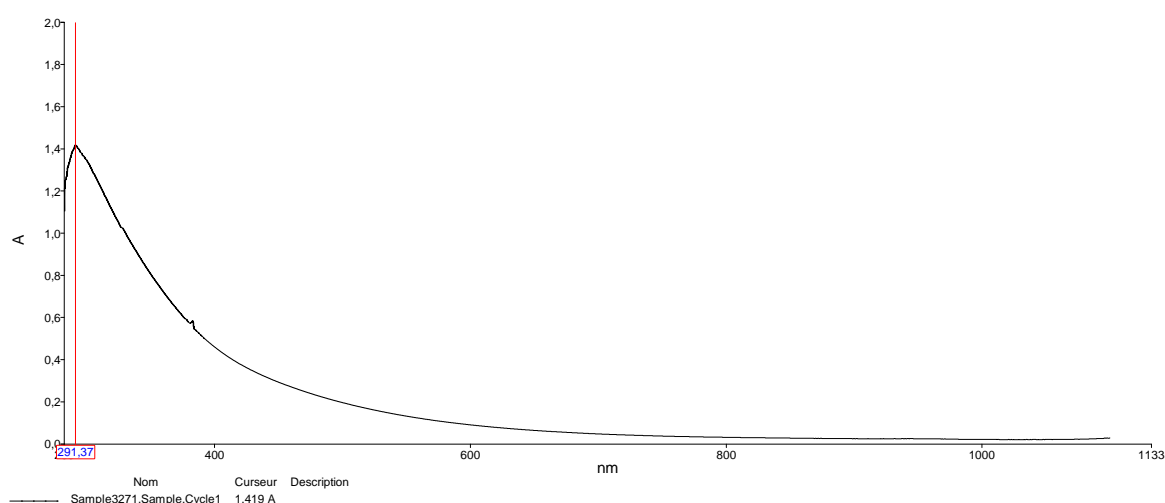


Figure III.1 : Spectre visible de la substance humique étudiée (Concentration en substance humique 100mg/l).

III.4. Préparation de la solution mère de substance humique

La solution mère de la substance humique est préparée à raison de 100mg/l d'eau distillée, (pH=7.2 ; conductivité de 3 μ m/cm ; T=20.1°C). Des dilutions successives sont réalisées selon loi de dilution $C_1.V_1=C_2.V_2$, afin d'établir la courbe d'étalonnage : absorbance = f (concentrations en substance humique).

C ₀ (mg/L)	1	2	3	4	5	6	8	10	12
Abs	0.028	0.072	0.088	0.099	0.122	0.141	0.190	0.237	0.264

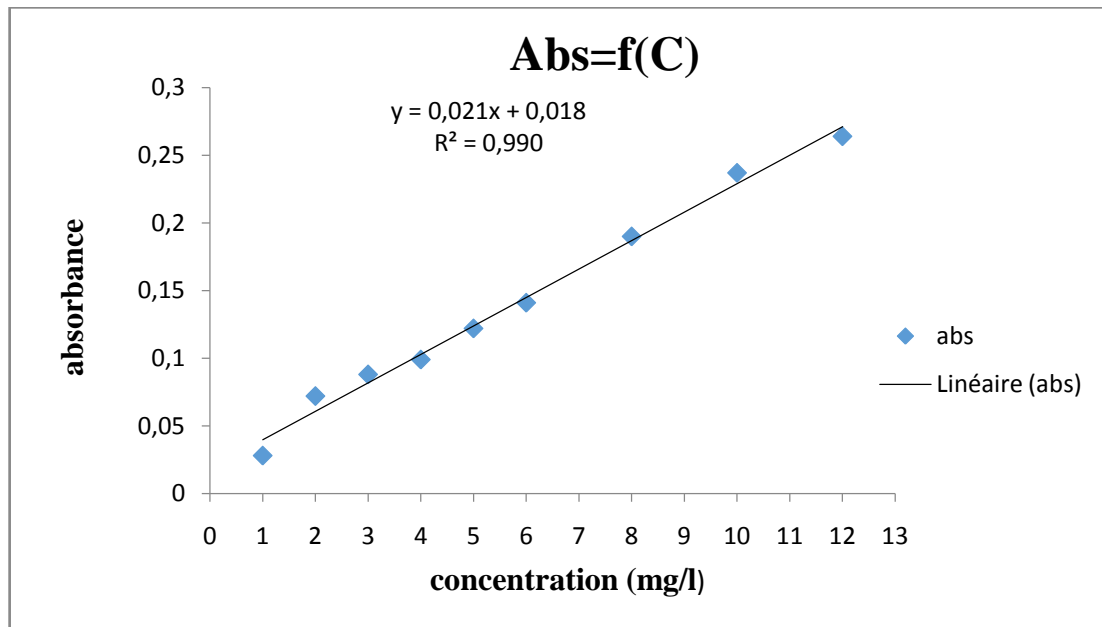


Figure III.2 : Courbe d'étalonnage de la substance humique.

La concentration résiduelle de la substance humique est également déterminée à partir de l'absorbance sur un spectrophotomètre UV Visible à $\lambda = 291$ nm.

III.5.Fabrication du charbon actif à partir des noyaux d'abricots

Elles constituent la matière première de fabrication de nos charbons actifs. Les noyaux d'abricots matière locale d'origine commune de N'Gaous. Ces noyaux sont d'abord récupérés à partir des fruits d'abricots (figure III.3).



Figure III.3 : les matières premières (fruits d'abricots) de N'Gaous.

III.5.1. Préparation du charbon (brut) des noyaux d'abricots

La préparation du charbon brut à partir des noyaux d'abricots de N'Gaous. Suivie les étapes suivantes :

1. collecte les noyaux d'abricots

Pour le but de valoriser les matériaux locaux en charbon brut, nous avons collecté et récupéré les noyaux à partir des fruits d'abricots.

2. prétraitement des noyaux d'abricots

Le prétraitement de noyaux d'abricots suivie les étapes suivantes :

- ✚ séparation des noyaux d'abricots de la pulpe.
- ✚ Lavage les noyaux par l'eau distillé pour éliminer toutes les impuretés.
- ✚ Séchage dans une étuve à une température 110°C pendant 12h.
- ✚ La calcination dans un four à moufle à une température de 200°C pendant 2h pour permettre d'éliminer les impuretés.



Figure III.4 : Carbonisation et séchage les coques.



Figure III.5 : Coques des noyaux d'abricots carbonisés.

- ✚ Refroidissement pendant 30 min à l'air libre.
- ✚ Broyage manuelle les coques des noyaux d'abricots carbonisés après refroidissement dans un broyeur électrique.
- ✚ Tamisage par un tamiseur électrique de pore tiré fine.
- ✚ Finalement on obtient la noire de charbon en poudre (charbon brut).



Figure III.6 : la noire de charbon brut en poudre

III.5.2.L'activation chimique par les agents chimiques (H_3PO_4 , $ZnCl_2$, $NaOH$).

Dans notre étude nous avons utilisés l'activation chimique par trois agents chimiques (H_3PO_4 , $ZnCl_2$, $NaOH$).pour choisi le meilleur activant

Nous avons préparé 03 échantillons du charbon brut (CBr) de la même masse $m_{(CBr)} = 5g$. Puis, on ajout l'agent chimiques (H_3PO_4 , $ZnCl_2$, $NaOH$) $V=5 ml$ pour chaque échantillons et agitation fortement pour avoir des pates homogènes.

✚ **Soumettre ces échantillons à des différentes températures à l'intérieure d'un four à moufle :**

Premièrement $200\text{ }^\circ\text{C}$ pendant 30 min, puis on augmente la température à une vitesse de $5\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$ jusqu'à $600\text{ }^\circ\text{C}$ pendant 4 heures puis refroidissement à l'air libre.

✚ **Lavage de charbon actif :** (Le charbon obtenu après carbonisation test lavé avec une solution normale de **NaOH**, **HCl** et **eau distillé** pour éliminer les traces d'agent d'imprégnation résiduel.

Premièrement on prépare tous les échantillons dans des entonnoirs sur des papiers filtre pour la filtration :

On a ajouté à deux échantillons du charbon actif 25 ml de **NaOH** et **HCl** de concentration 0.1 N avec agitation et filtration, puis on ajoute l'eau distillé pour éliminer la soude et acide phosphorique, jusqu' pH neutre. Ce protocole a permis de nettoyer la microporosité d'un charbon actif à noyaux d'abricots.

- Avant d'entreprendre les essais d'adsorption, le charbon ainsi traité est séché à l'étuve à 110° C pendant au moins 24 heures.

III.6.Méthode d'analyse

III.6.1.Analyse structurale par spectroscopie IR-TF

Le spectrophotomètre infrarouge (IRTE-8400 S) utilisé pour la détermination des fonctions principales de l'adsorbant est de marque « SHIMADZU ». En utilisant la technique de la pastille KBr sous haute pression. L'enregistrement du spectre absorbance en fonction du nombre d'onde $A=f\left(\frac{1}{\lambda}\right)$ permet de mettre en évidence la présence des bandes caractéristiques de l'adsorbant.

Les résultants des spectres d'analyse par IR d'un adsorbant du charbon brut (CBr) et du charbon actif préparé (CA), la substance humique (SH) sont représentés dans la figure III.7.

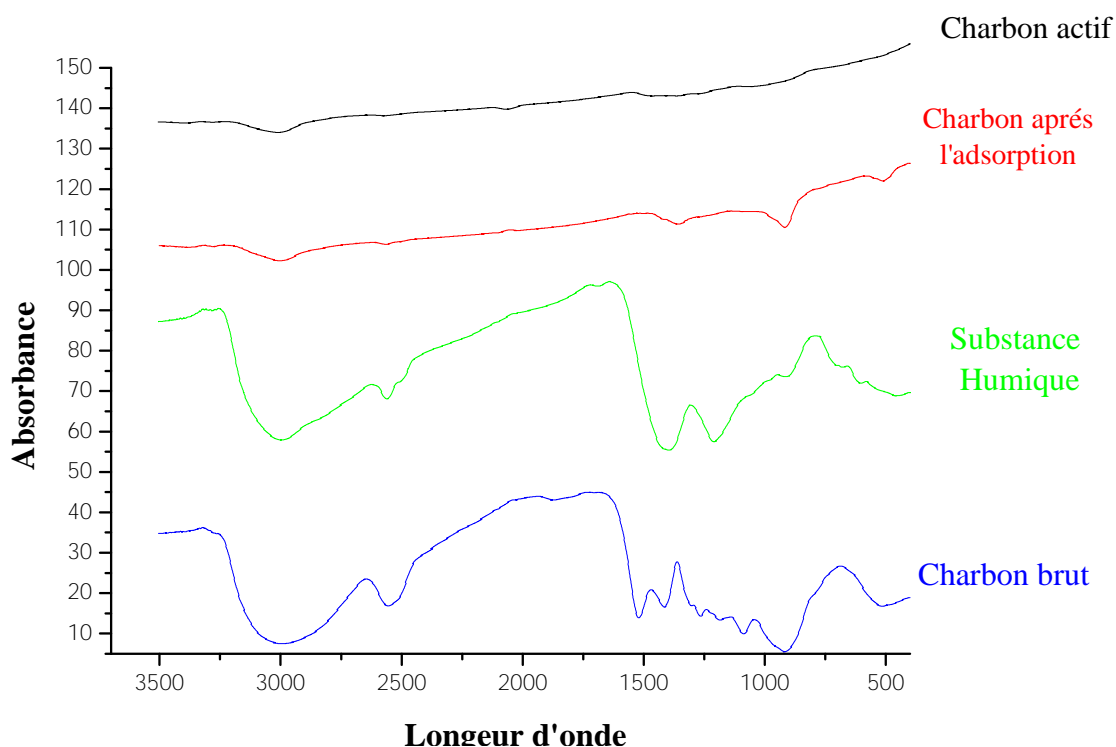


Figure III.7 : Spectres IR du : charbon brut (CBr) ; charbon actif (CA) ; charbon après l'adsorption et de la substance humique

La figure (III.7) montre différentes bandes d'adsorption caractéristique forte, large et moyenne, ces dernières sont attribuées à l'existence des fonctions organiques telles que : (-OH, -C=C, CH₂ alcanes, Acide, Amine Primaire et Groupes Nitro aliphatique.....).

La nature des bandes caractéristiques est identifiée selon la table de fréquences des vibrations de valence caractéristiques en IR. Le tableau III.2 regroupe la nature des bandes d'adsorption, la fonction probable de chacun charbon (brut et actif et après l'adsorption) et La SH.

Tableau III.2 : Bandes caractérisé du chacun charbon et de la SH.

Echantillons	Bande (cm ⁻¹)	Nature de pic	Fonction probable
Charbon brut	3422.06	Moyenne (3500-3100)	N-H
	2915.64	Faible (3200-2500)	-OH
	2138.11	Moyenne (2140-2100)	C=C
	1737.04	Forte (1740-1715)	C=O
	1617.04	Forte (1650-1600)	O-NO ₂ (Nitrate)
	1443.44	Moyenne (1470-1430)	CH ₃
	1354.08	Forte (1370-1300)	C-NO ₂ (composé nitro aromatique)
	1244.31	Forte (1250-1000)	C-O
	1045.161	Forte (1080-1020)	C-O
	595.822	Forte (600-500)	C-Br (Bromé)

Charbon actif par ZnCl ₂	3882.44	Moyenne (3600-3900)	N-H (amine primaire)
	3749.44		
	3437.4	Moyenne (3500-3100)	N-H
	29936.1	Faible (3200-2500)	-OH
	2363.19	Moyenne (3500-3100)	N-H (Amide second)
	1545.56	Faible (1580-1490)	
	1685.97	Forte (1685-1665)	C=O(Acyclique)
1632.36	Moyenne à forte	N-H	
Charbon après l'adsorption	3861.98	Moyenne (3600-3900)	N-H (Amine primaire)
	3749.44		
	3432.29	Moyenne (3500-3100)	N-H libre
	2930.99	Moyenne (3050-2990)	CH (-C=C=CH ₂)
	2404.11	Très large (≈2400)	C=O (Acides)
	1550.66	Forte (1570-1550)	C-NH ₂ (composé nitroaliphatique)
	1047.71	Forte (1080-1020)	C-O
583.057	Forte (600-500)	C-Br (Bromé)	

Substance humique	3427.17	Forte large (3400-3200)	OH associé
	2925.87	Forte (≈ 2925)	-CH ₂ (Alcènes)
	1599.17	Forte (1500-1600)	C-NO (composé nitroso)
	1377.06	Forte (1380-1370)	C-NO ₂
	1037.5	Forte (1050-1000)	C-O
	695.39	Forte (730-690)	C-H (déformation hors du plan) 5H
	514.125	Forte (600-500)	O-NO ₂ (Nitrate)

III.6.2.Détermination du pH isoélectrique $pH_{(PCN)}$

Le PH isoélectrique $pH_{(PCN)}$ correspond au point où la charge totale de l'adsorbant est nulle. Il est déterminé selon la méthode de « Cerovic » [48], par le tracé de la courbe $pH_{\text{final}}=f(pH_{\text{initial}})$. Le $pH_{(PCN)}$ représente le point de la courbe où le pH_{final} est égal au pH_{initial} . Le $pH_{(PCN)}$ de l'adsorbant vaut **6.1**, il est déduit graphiquement dans la figure III.8

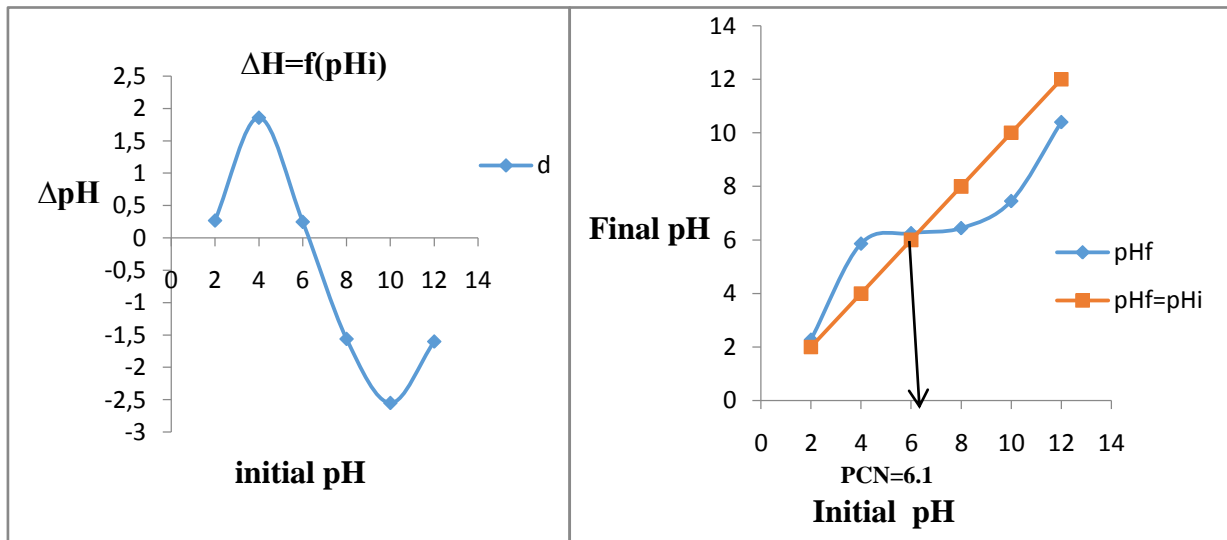


Figure III.8 : Détermination du pH isoélectrique pH (PCN).

CHAPITRE IV
Résultats et discussion

IV.1.Introduction :

Au cours de ce chapitre, nous sommes intéressés à l'étude de tous les résultats expérimentaux obtenus sont présentés et discutés à partir d'une analyse statique des résultats expérimentaux.

IV.2. Description des essais d'adsorption de substance humique sur les charbons actifs

Tous les essais d'adsorption sont réalisés suivant un même protocole expérimental.

- Dans un bécher de 500 ml on introduit un volume de 250 ml de substance humique de concentration connue et une masse suffisante de charbon actif.
- On utilise pour l'agitation l'appareil de jar-test pour ajuster la vitesse et le temps de contact désiré.



Figure IV.1 : jar testes utilisé d'agitation de substance humique

- Après chaque essai d'adsorption on fait la séparation solide liquide entre le charbon actif et la solution de la substance humique sur papier filtre suivi par centrifugation pendant 10 min à 300 tr/min pour assurer la séparation des particules fines.



Figure IV.2 : Le procédé de séparation solide-liquide : (a) : filtration ; (b) : centrifugation

La quantité de substance humique adsorbée est calculée à l'aide de l'équation suivant :

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e) V}{m} = \frac{x}{m} \quad (\text{IV. 1})$$

Où :

C_0 : Concentration initiale du soluté (mg/l)

C_e : Concentration du soluté à l'équilibre (finale) (mg/l)

q_e : Quantité adsorbé à l'équilibre (mg/g)

m : Masse de l'adsorbant (g)

X : Masse adsorbée (mg) ; $X = (C_0 - C_f) * V$

V : Volume de la solution (L).

Le rendement ou l'efficacité (E%) d'élimination de substance humique est défini par :

$$R\% = \frac{C_0 - C_r}{C_0} \times 100 \quad (IV.2)$$

Où :

C_0 : Concentration initiale du composé organique testé (mg/l).

C_r : Concentration résiduelle du composé organique testé à l'équilibre (mg/l).

IV.3. Etude d'élimination (l'adsorption) de la substance humique sur charbon actif

1. Effet de la concentration initiale de la substance humique

L'effet de la concentration initiale de la substance humique sur l'adsorption par charbon actif a été étudié, en variant la concentration initiale de **0 à 12 mg/L**, en présence de **1 g/L** de l'adsorbant dans les solutions, et un temps de contact de **2 heures** et la Vitesse d'agitation ($V=200$ tr/min), $T=20$ C° et $pH=7.29$, les résultats sont présentés par les figures (IV.3) suivante :

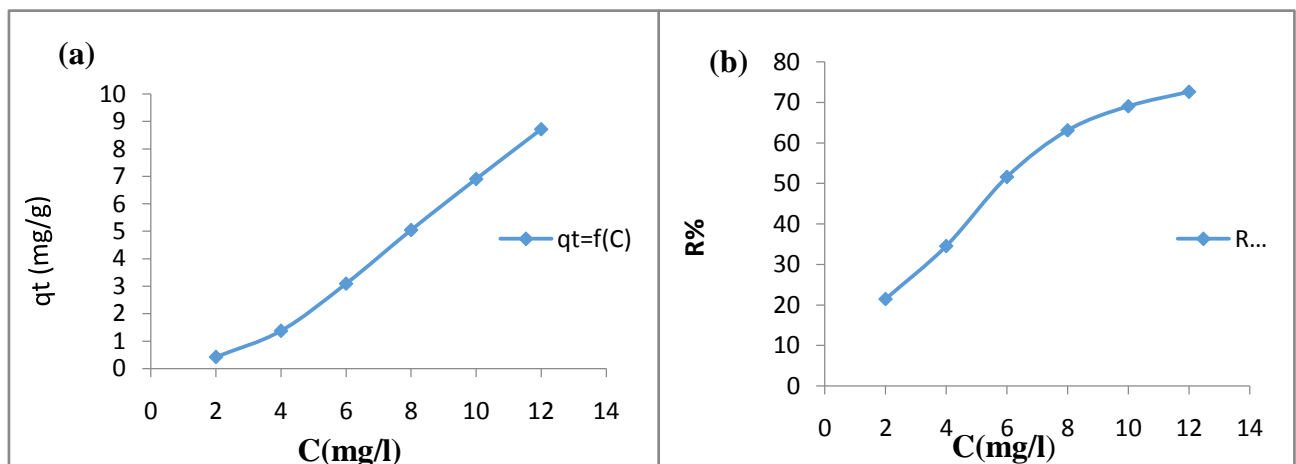


Figure IV.3 : variation de concentration initial en fonction (a) de la capacité (b) le rendement d'adsorption de SH sur le charbon actif (CANA).

La figure (IV.3) montre que la quantité de la substance humique adsorbée par charbon actif utilisés lors de cette étude à l'équilibre est d'autant plus importante, cela est expliqué par la disponibilité des sites actifs a la surface du matériau adsorbant, qui peuvent fixer les substances humique, nous observons que l'augmentation de la concentration initiale entraine une augmentation du rendement d'élimination de la substance humique. Jusqu'à la stabilisation de phénomène. Cela à cause d'attaque l'ion qui provoque la réorganisation du réseau cristallin du charbon préparé,

alors il se forme un vide et les valences des ions qui s'y trouvent deviennent insaturées et par conséquent ils ont tendance de fixer d'autres particules qui se trouvent en solution.

2. L'effet de la masse d'adsorbant

L'effet de la masse d'adsorbant (CANA) est présenté à différentes masses d'adsorbant (**0.5 ; 1 ; 1.5 ; 2 ; 2.5 ; 3 g/L**) mélangés avec **250ml** de la solution du SH à une concentration initiale de SH est égale à **6mg/L**, en présence **m= 0.375g** de l'adsorbant dans la solution, **T=19.5°C** , **V=200tr/min**, et un temps de contact de **2 heures**.

Les résultats sont présentés dans la figure (IV.4) suivante :

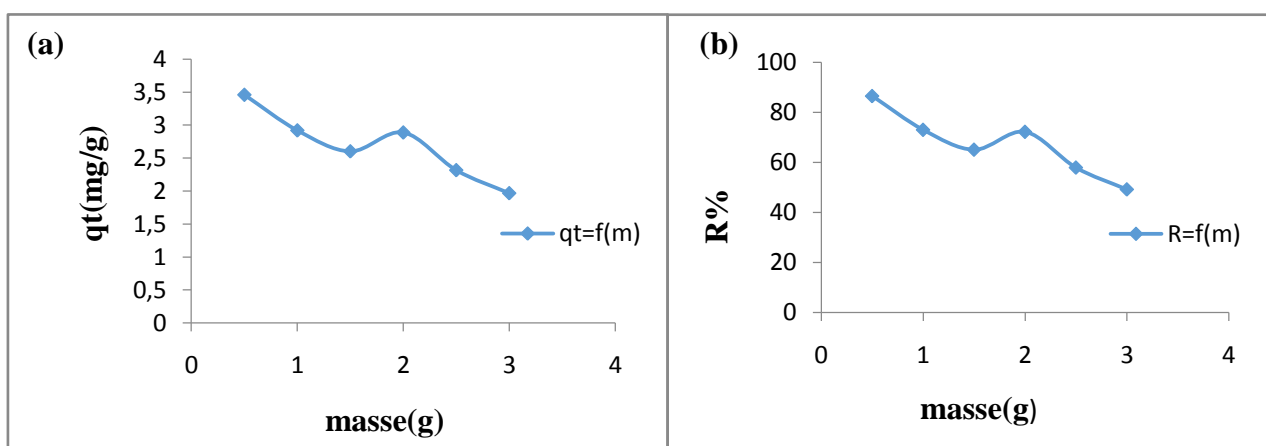


Figure IV.4 : variation de masse d'adsorbant en fonction (a) la capacité et (b) le rendement d'adsorption de SH sur le charbon actif.

La figure (IV.4) nous donne la quantité du SH adsorbée à l'équilibre en fonction de la masse de l'adsorbant. Cette figure montre que le rendement d'élimination du SH diminue lorsque la masse de l'adsorbant augmente. Ceci est facilement compréhensible, car l'augmentation de la masse de l'adsorbant diminue la surface spécifique et donc le nombre des sites disponibles d'adsorption diminue. Bien que le pourcentage d'adsorption diminue avec l'augmentation de la dose d'adsorbant, cette diminution pourrait s'expliquer par la non-saturation des sites d'adsorption.

3. L'effet de temps d'agitation

Pour bien voir l'effet de temps du contact sur l'adsorption du SH sur charbon actif (CANA), nous avons mis en contact pendant des intervalles de temps différents (**10, 30, 45, 60, 90 et 120 min**), des solutions de **250ml** de SH, dans une concentration initiale

d'adsorbat est **6mg/l**, en présence **m= 0.375g** de l'adsorbant dans la solution ,au **pH=6.8** de la solution, a une température de **19.5°C**, sous une vitesse d'agitation de **200tr/min**.

Les résultats sont présentés par la figure (IV.5) suivante :

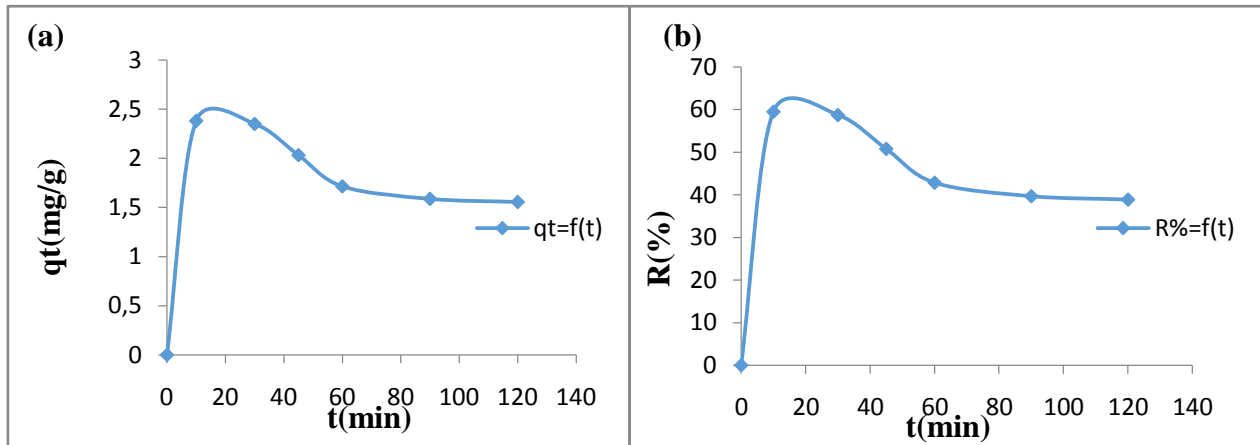


Figure IV.5 : variation du temps de contact en fonction (a) la capacité et (b) le rendement d'adsorption de SH sur le charbon actif(CANA).

La figure(IV.5) montre que le maximum des rendements d'adsorption est atteint après un temps de contact de 10 min d'agitation et correspond à un échange ionique rapide, est dû à la présence des sites actifs chargés positivement disponibles à la surface du matériau adsorbant .

La quantité du SH fixée évolue vers une valeur maximale pour atteint 59 % pour le charbon activée (CANA) , nous observons ensuite qu'il ya diminution des rendements d'élimination du SH en jusqu'à une stabilisation , cela est dû à la saturation des sites actifs chargés positivement disponibles à la surface du matériau adsorbant .

4. L'effet de pH

Nous avons réalisé ces expérience pour différents pH des solutions varie de (2, 4, 6, 8, 10, 12), une concentration initiale de SH égale 6 mg/l, en présence de 0.375g de l'adsorbant dans la solution, et un temps d'agitation 2 heures, **V=200tr/min** et **T= 19.6°C**.

Les résultats sont présentés par la figure (IV.6) suivante :

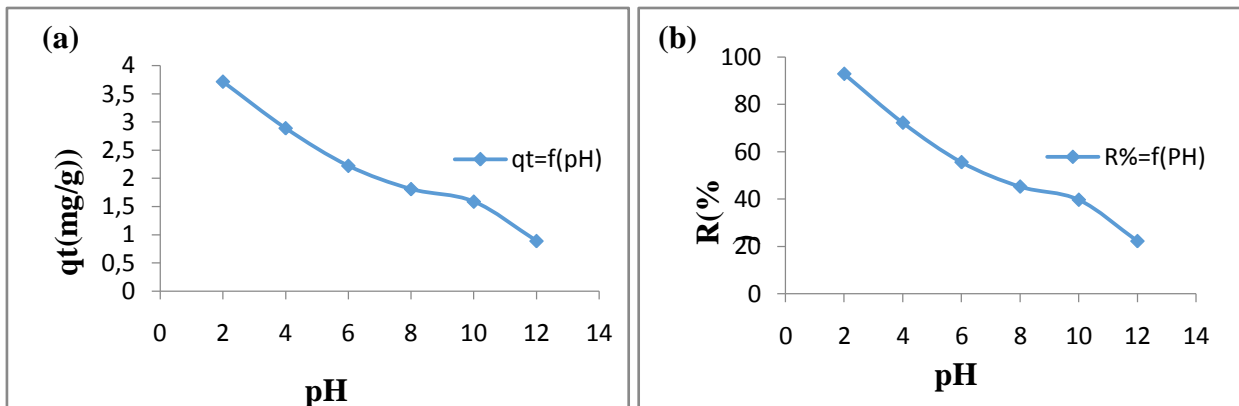


Figure IV.6 : variation du pH en fonction (a) la capacité et (b) le rendement d'adsorption de SH sur le charbon actif(CANA).

A travers ces résultats, nous pouvons constater que la rétention des SH sur le Charbon activé est influencée par la variation du pH des solutions. En particulier, il est à noter que les rendements augmentent au fur et à mesure que le pH diminue. Ceci peut s'expliquer par une modification, en fonction du pH, de la charge ionique à la surface du charbon activé et du degré d'ionisation de l'adsorbât.

A faible pH, les protons H^+ libérés pourront ainsi diminuer la densité de charge Induite par les groupements fonctionnels carboxyliques et phénoliques des SH et celle présente à la surface du charbon activé qui se manifeste habituellement sous forme d'un colloïde négatif.

L'effet électrostatique répulsif entre charbon activé et le composé organique pourra être notablement amoindri et les SH auront des possibilités de diffusion dans les espaces inter lamellaires du charbon activé.

5. L'effet de la vitesse d'agitation

Nous avons réalisé ces expérience pour différentes vitesses d'agitation (**100, 150, 200, 250, 300tr/min**), avec une $C_0=6\text{mg/l}$, en présence de $m=0.375\text{g}$ dans la solution, le volume de chaque échantillon est 250ml et un temps d'agitation **2 heures**, $T=19.5^\circ\text{C}$ et $\text{pH}=6.81$.

Le résultat est présenté par les figures (IV.7) suivante :

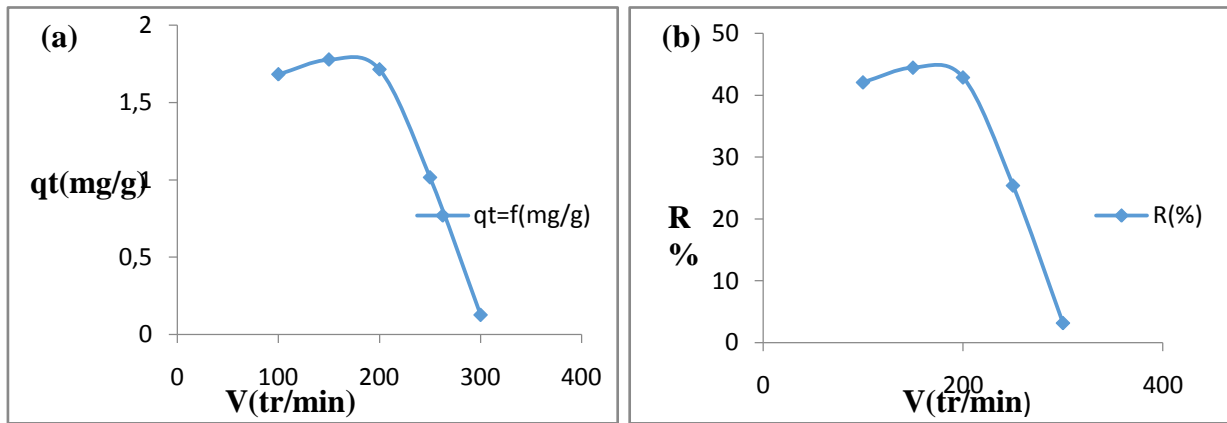


Figure IV.7 : variation de la vitesse d'agitation en fonction (a) la capacité et (b) le rendement d'adsorption de SH sur le charbon actif.

La figure (IV.7) montre que le maximum des rendements d'adsorption est atteint après une vitesse d'agitation **150 tr/min**. L'agitation est un paramètre très important dans le phénomène d'adsorption ou le rôle principal de l'agitation est l'homogénéisation de la solution (adsorbant et adsorbé) et la diminution de la résistance de la couche limite.

6. L'effet de la température

Nous avons réalisé ces expériences pour différentes températures (**20, 30, 40, 50°C**) avec une $C_0 = 6 \text{ mg/l}$, en présence de $m = 0.375 \text{ g}$ l'adsorbant dans la solution, le volume de chaque échantillon est **250 ml** et un temps d'agitation **2 heures**, $T = 19.5^\circ\text{C}$ et $\text{pH} = 6.81$.

Les résultats sont présentés par les figures (IV.8) suivantes :

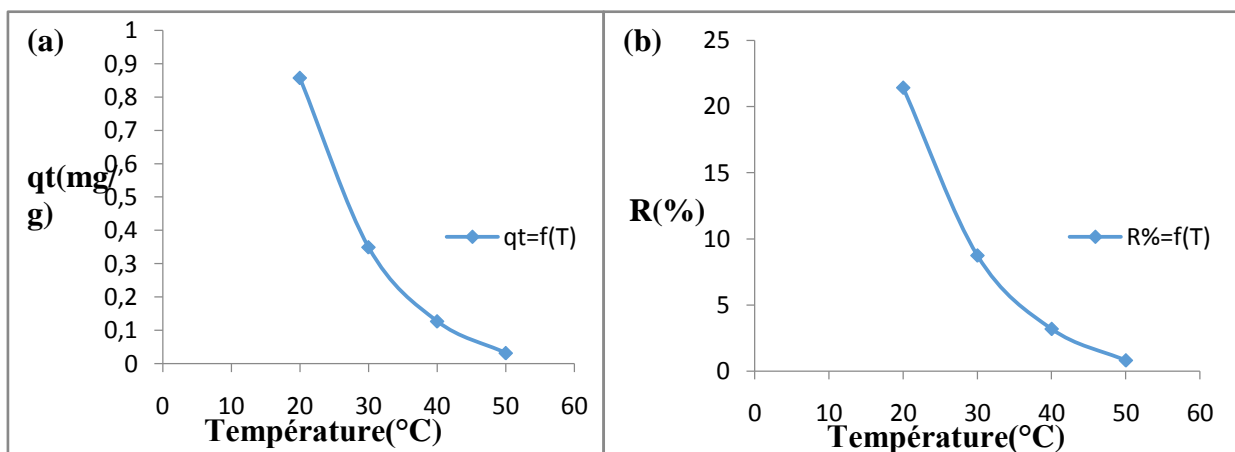


Figure IV.8 : variation de température en fonction (a) la capacité et (b) le rendement d'adsorption de SH sur le charbon actif.

L'augmentation de la température est connue pour augmenter la vitesse de la diffusion des molécules d'adsorbat à travers la couche limite externe et à l'intérieur des particules d'adsorbant, à cause de la diminution de la viscosité de la solution.

La figure(IV.8) traduit l'effet de la température sur les quantités adsorbées du SH. Alors que l'augmentation de la température favorise une diminution de la quantité adsorbée du SH peut être due à la désorption provoquée par une augmentation de l'énergie thermique disponible. Celle-ci montre que l'augmentation de la température n'influe pas beaucoup sur l'adsorption du SH sur le charbon. Néanmoins le processus est exothermique.

IV.4.Isotherme d'adsorption

Tracer une isotherme d'adsorption d'un liquide sur un solide, nécessite la détermination de la quantité de soluté adsorbé en fonction de la concentration du soluté dans la solution à l'équilibre à une température donnée. Plusieurs méthodes d'obtention de l'isotherme d'adsorption ont été mises à jour. L'exploitation des isothermes d'adsorption des charbons actifs sont décrites par les lois de Freundlich et de Langmuir.

IV.4.1. Loi de Freundlich

La linéarisation de la relation du Freundlich donne :

$$\ln Q_e = \ln \frac{X}{m} = \ln(KC_e^{\frac{1}{n}}) = \ln K + \left(\frac{1}{n}\right) \ln C_e \quad (\text{IV. 3})$$

C_e : Concentration résiduelle de l'adsorbat à l'équilibre (mg/l)

K, n : Constantes de Freundlich caractéristiques de l'adsorbat et du charbon concerné

X : Quantité d'adsorbat (mg)

m : Masse de charbon actif (g).

En traçant $(\ln \frac{X}{m})$ en fonction de $(\ln C_e)$, on obtient une droite de pente de $(\frac{1}{n})$ et d'ordonnée à l'origine $(\ln K)$. La régression linéaire des données expérimentales à l'équilibre suivant l'isotherme de Freundlich est présentée sur la figure (IV.9).

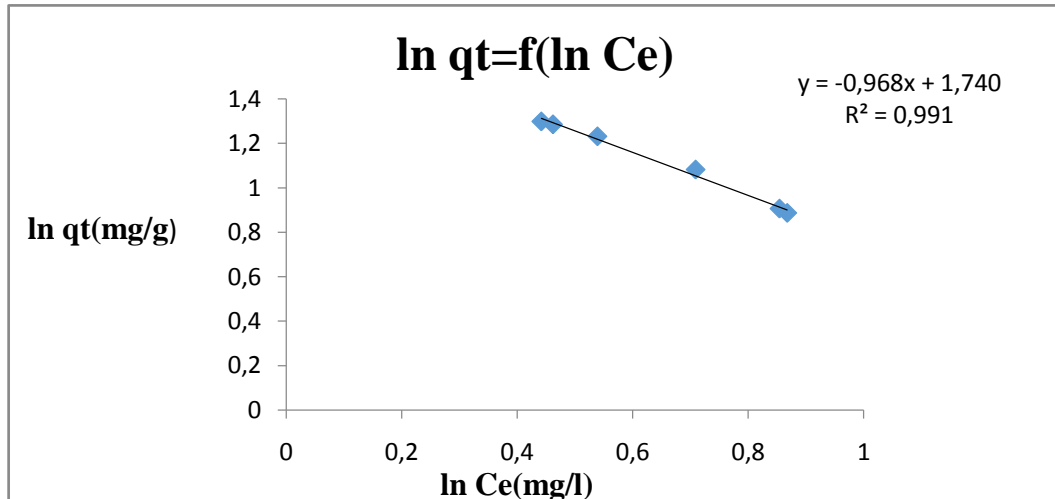


Figure IV.9 : présentation du modèle de Freundlich.

IV.4.2. Loi de Langmuir

La linéarisation de la relation du Langmuir donne :

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{Q_0} + \frac{1}{b Q_0 C_e} \quad (\text{IV.4})$$

Q_e : Quantité de soluté adsorbée par unité de masse de charbon (mg/g)

b : Constante d'équilibre thermodynamique en relation avec l'énergie d'adsorption

$Q_0 = Q_{max}$: Quantité maximale adsorbée par unité de masse d'adsorbant et formant une couche mono moléculaire en surface (mg/g).

En traçant $(\frac{1}{Q_e})$ en fonction de $(\frac{1}{C_e})$, on obtient une droite de pente $(\frac{1}{b Q_0})$ et d'ordonnée à l'origine $(\frac{1}{Q_0})$. La régression linéaire des données expérimentales à l'équilibre suivant l'isotherme de Langmuir est présentée sur la figure (IV.10).

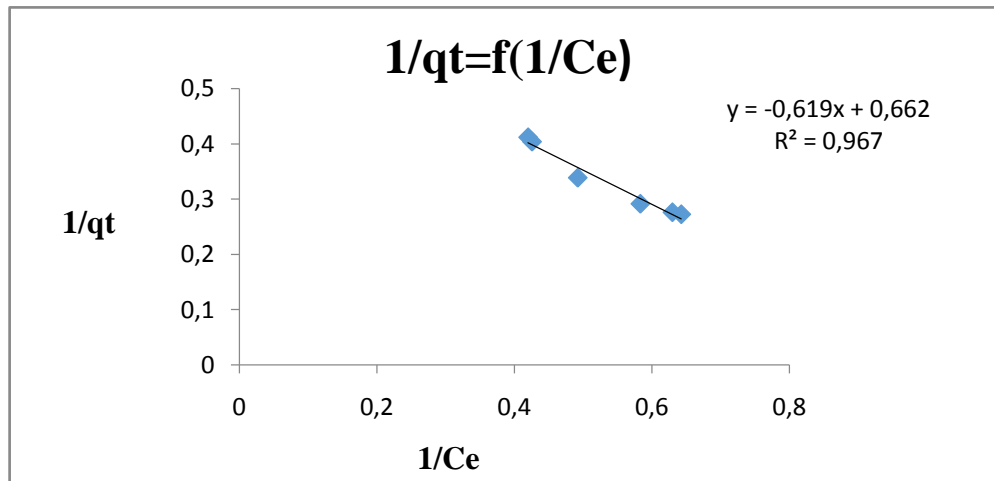


Figure IV.10 : Présentation de l'équation de Langmuir.

Tableau IV.1 : Paramètres des isothermes de Langmuir et Freundlich.

Freundlich			Langmuir		
n	K	R ²	q _m (mg/l)	b (l/mg)	R ²
-0.96≈0	5.697	0.991	1.5105	1.06	0.967

IV.5. Modélisation des cinétiques d'adsorption

IV.5.1. Modèle cinétique du pseudo-premier ordre (Modèle Lagergren) [44]

En 1898, Lagergren a proposé un modèle cinétique de pseudo premier ordre exprimé par la relation (12).

$$\frac{dq_t}{dt} = K_1(q_e - q_t) \tag{IV. 5}$$

k₁ (mn⁻¹) : constante de vitesse pour une cinétique de pseudo premier ordre

q_t (mg.g⁻¹) : capacité d'adsorption à l'instant t

q_e (mg.g⁻¹) : capacité d'adsorption à l'équilibre

L'intégration de l'équation (12) donne la forme linéaire (13) [44]:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - (K_1/2.303) * t \tag{IV. 6}$$

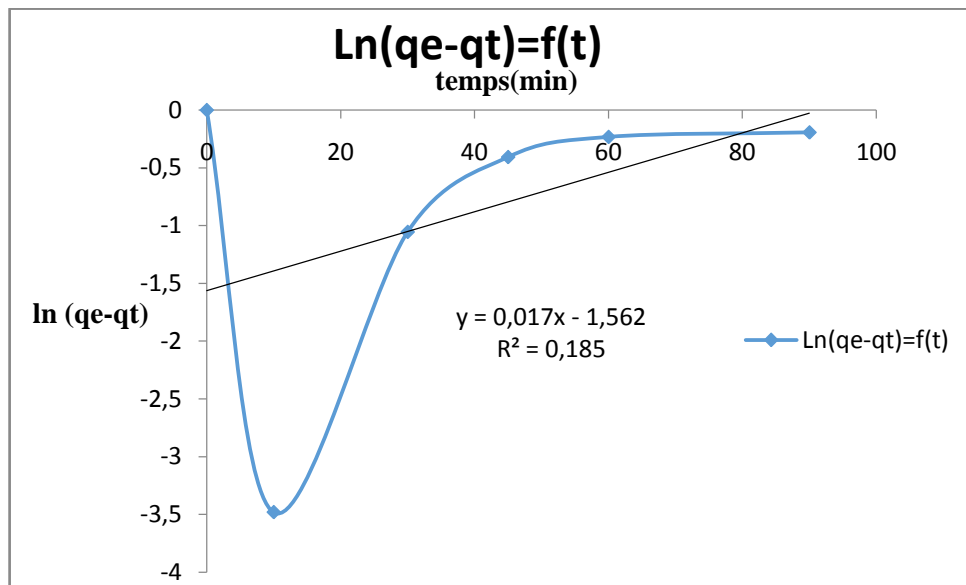


Figure IV.11 : Modèle de la cinétique du pseudo-premier ordre.

IV.5.2. Modèle cinétique de pseudo-second ordre

Dans le souci d'approcher le plus possible le mécanisme réactionnel réel, Ho et Mc Kay [45, 46] ont opté plutôt pour un modèle cinétique d'ordre deux. Ces deux modèles mathématiques ont été choisis d'une part pour leur simplicité et d'autre part pour leur application dans le domaine d'adsorption des composés minéraux et organiques sur les différents adsorbants. Le modèle de pseudo-second ordre suggère l'existence d'une chimisorption, un échange d'électrons par exemple entre molécules d'adsorbât et l'adsorbant solide. Il est donné par la formule (14).

$$\frac{dq_t}{dt} = K_1(q_e - q_t)^2 \quad (IV.7)$$

L'intégration de l'équation (14) donne la forme linéaire (15) [47].

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 - q_e^2} + \left(\frac{1}{q_e}\right) * t \quad (IV.8)$$

q_t (mg.g^{-1}) : quantité adsorbée en adsorbât par gramme d'adsorbant à un temps t .

q_e (mg.g^{-1}) : quantité adsorbée de l'adsorbât par gramme d'adsorbant à l'équilibre.

t (min) : temps en minute.

K_2 ($\text{g.min}^{-1}.\text{mg}^{-1}$) : constante de vitesse

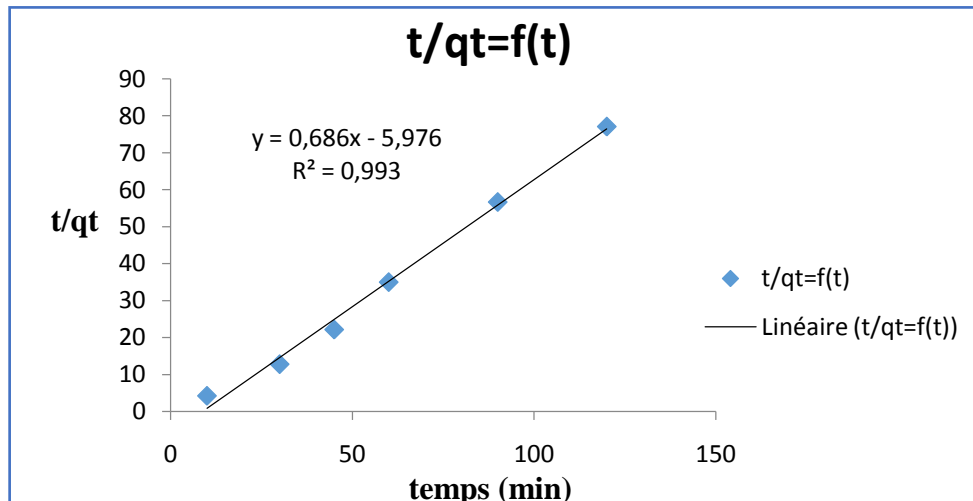


Figure IV.12 : Modèle de la cinétique du pseudo-second ordre.

D'après les résultats obtenus indiqués sur les deux figures (IV.11-12), on remarque que le modèle de pseudo second ordre est la plus faible pour déterminer l'ordre de la cinétique d'adsorption de la substance humique par le charbon actif. Donc le modèle cinétique du pseudo second ordre convient très bien à l'adsorption su SH par charbon actif.

Tableau IV.2 : Résultats relatifs aux modèles cinétiques de pseudo-second Ordre.

Cinétique d'adsorption	Le coefficient R^2	La constante de vitesse
Deuxième ordre	$R^2 = 0.993$	$K_1 = -0.078$

L'application du modèle cinétique de pseudo-second ordre (Figure (IV.12)) montre que ce modèle décrit parfaitement les résultats expérimentaux car la capacité d'adsorption maximale expérimentale à l'équilibre pour l'adsorbant (actif). Ils sont très proches et les coefficients de corrélation R^2 sont de l'ordre de 1 ce qui confirme la linéarité des courbes.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude des mécanismes de l'adsorption de la substance humique sur le charbon actif préparé par les noyaux d'abricots a fait l'objet de ce travail. Les résultats obtenus relatifs à la cinétique et les isothermes d'adsorption ont été exploités pour expliquer le mode de fixation de la substance humique sur l'adsorbant. Pour tester la performance de ce matériau, plusieurs essais d'adsorption de la substance humique (SH) sur charbon actif préparé à partir les coquilles des noyaux d'abricots, ont été réalisés en prenant en compte l'influence de quelques paramètres physico-chimiques opératoires.

Les principaux résultats de cette étude montrent que :

- La meilleure activant est $ZnCl_2$
- L'augmentation de la concentration initiale du (SH) entraîne une augmentation du rendement et la capacité d'adsorption.
- Le rendement d'élimination du (SH) diminue avec l'augmentation de la masse de l'adsorbant.
- L'étude de l'effet du pH montre que le rendement d'adsorption augmente au fur et à mesure que le pH diminue. Ceci peut s'expliquer par une modification, en fonction du pH, de la charge ionique à la surface du charbon activé et du degré d'ionisation de l'adsorbât.

- Le rendement d'élimination du (SH) diminue avec l'augmentation de la vitesse d'agitation.
- L'étude de l'effet de la température montre que le processus d'adsorption du (SH) par le charbon actif est exothermique.
- La quantité adsorbée est maximale en milieu acide à $pH \leq pH(PCN)$.
- La cinétique d'adsorption de la (SH) sur le charbon préparé est de pseudo second ordre.
- L'adsorption de la (SH) sur le charbon préparé suit le modèle de Freundlich.

Références bibliographiques

Référence bibliographique

Référence bibliographiques

[1]	AYELE, J., FABRE, B., MAZET, M. Influence de l'origine et de la nature des substances humiques sur l'adsorption de l'atrazine sur charbon actif en poudre, <i>Revue des sciences de l'eau</i> , 6, 381-394. (1993).
[2]	Achour, S. Harrat, N & Guergazi, S. L'état des ressources en eau au Maghreb en 2009, chapitre 14: pollution organique des eaux de barrage de l'est algérien et effet de la chloration, 241-256, Ed.GEB- Environnement, Maroc. (2009).
[3]	Oladoja A. N et al. Kinetic and isotherm studies of MB adsorption onto ground palm kernel coat <i>Turkish J. Eng. Env. Scienc</i> 32, 303-312. (2008)
[4]	Kyzas G.Z. Lazaridis N.K., Mitropoulos A.Ch. Removal of dyes from aqueous solution with untreated coffee residues as potential low-cost adsorbents: Equilibrium, reuse and thermodynamic approach. <i>Chem. Eng. J.</i> 189, 148-159. (2012).
[5]	Thurman E.M. Development in biogeochemistry: Organic geochemistry of natural waters » Nijhoff, M. (Ed), junk, Dordrecht. (1995).
[6]	Aggoun, A., Coagulation- Flocculation des substances humiques par le pcsa et couplage de l'adsorption sur une bentonite modifiée a la microfiltration. Mémoire de magister, université de Blida .Algérie. P5,(2000).
[7]	Bonneau and Souchier. « Pédologie 2 : constituants et propriétés du sol » sous la direction de Duchaufour et Souchier.Ed.Masson ; Paris, pp.97-122, (1979).
[8]	PESCHEL.G, and Wildt.TH, « Humic substances of natural and anthropogeneous origin » <i>Wat.Res.</i> Vol.22, No.1, pp.105-108, (1988).
[9]	Stevenson J, Humus chemistry: genesis, composition, reactions, Wiley ed. (1994).
[10]	MacCarthy P., Rice J.A., Humic Substances in Soil, Sediment, and Water: Geochemistry, Isolation, and Characterization, John Wiley and Sons ed., New York. (1985).
[11]	Cameron R.S.,Thornton B.K.,Swift R.S., Posner A.M., <i>Soil Sci J</i> 23; 394. ,(1972)

Référence bibliographique

[12]	Rice J.A., McCarthy P. , <i>Org. Geochem.</i> , 17,635. (1991)
[13]	Calvet R. , Le sol : propriétés et fonctions, Tome 1, Dunod ed. Paris. (2003)
[14]	Girard M.-C., Walter C., Rémy J.-C., Berthelin J., Morel J.-L. Sols et environnement, Dunod ed. Paris. (2005)
[15]	Labanowski, J. Matière organique naturelle et anthropique : vers une meilleure compréhension de sa réactivité et de sa caractérisation, university of poitiers. (2004)
[16]	Achour, S & Moussaoui, K. , La chloration des eaux de surface algériennes et son incidence sur la formation de composés organohalogènes, <i>Environ. Technol.</i> , 14,885-890. . (1993).
[17]	Achour,S , Incidence des procédés de chloration, de floculation et d'adsorption sur l'évolution de l'organe organiques et des minéraux des eaux naturelles, thèse de Doctorat d'Etat, Université de Tizi-Ouzou. (2001)
[18]	Guergazi, S. (2006).Influence de la minéralisation sur l'action d'oxydants vis-à-vis de la matière organique des eaux naturelles, Thèse de Doctorat en Sciences en Hydraulique, Université de Biskra. Algérie.
[19]	Amimeur, D. , Elimination de la matière organique des eaux de surface par adsorption sur différents matériaux. Mémoire de Magister en hydraulique, Université de Bejaia-Algérie. (2012).
[20]	Harrat, N. Elimination de la matière organique naturelle dans une filière conventionnelle de potabilisation d'eau de surface. Thèse de Doctorat, Université de Biskra. Algérie. (2013).
[21]	Yahioui, K. (2015). Incidence de la présence simultanée de la minéralisation et de la matière organique azotée sur la combinaison chloration /adsorption des substances humiques sur charbon actif. Application à des eaux de surface. Thèse de Doctorat, Université de Biskra. Algérie.
[22]	Barka N. L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photocatalytique sur TiO ₂ supporté, thèse doctorat, Faculté des Sciences, Agadir. (2008).
[23]	OUBAGHA N. , Décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétique. Thèse de Doctorat, université mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou, p22-23. (2012).

Référence bibliographique

[24]	Robert D., Parra S., Pulgarin C., Krzton A., Weber J.V., Appl. Surf. Sci, Vol 167, p51-58. (2000).
[25]	Barka N., L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photocatalytique sur TiO ₂ supporté. Thèse Université Ibn zohr Agadir, N°65, p40-65,(2008).
[26]	Chitour, C.E Physico-chimie des surfaces Vol. 2, O.P.U.Alger. (1992)
[27]	Xavier, A. Adsorption compétitive en phase vapeur des xylènes sur des zéolites thèse de Doctorat Univ.de Bourgogne en science. (1993)
[28]	Simoussa, A., Slimani.A. Application de charbon actif du marc café au traitement des eaux .P.F.E, Univ.Blida,(1994)
[29]	Koller, E. Génie chimique. Dunod, p. 399, 400, 408, 409,(2010).
[30]	Anonyme: Mémento technique de l'eau tome 1 et 2 Ed.dégremont,(1989)
[31]	Anonyme: le charbon actif et le traitement des eaux, mise à jour bibliographique 1980-1989, pp1-13,(1980-1989)
[32]	Benhamed, I. "Amélioration par ajout d'un métal de transition de la régénération in situ d'un charbon actif par oxydation catalytique." École Doctorale Mécanique, Énergétique, Génie civil et Procédés. Toulouse, p. 12, 22, 23, 24. (2015).
[33]	Boucif A, " Etude de la co-adsorption de deux pesticides (Diuron et Métribuzine) sur un charbon actif en poudre." thèse de Magister en Génie de l'Environnement Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, p. 11, 12, 14. (2008 /2009),
[34]	Benamroui F. " Élimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture." thèse de magister en Génie Chimique Université Ferhat Abbas Setif-1Ufas (Algérie), p. 76. (2015)
[35]	Salah, Nadjat Hadj. " Etude de la dégradation photocatalytique de polluants organiques en présence de dioxyde de titane, en suspension aqueuse et en lit fixe." thèse de doctorat. Université Grenoble Alpes Français, p. 29, 31, 32. (2012)

Référence bibliographique

[36]	Boucif A. Etude de la co-adsorption de deux pesticides (DiuronetMetribuzine) sur un charbon actif en poudre, Mémoire de magister, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, p. 10, (2009).
[37]	Benabderrahmane M.O Biosorption du plomb sur une biomasse (PleurotusMutilus), Ingénieur d'état, Ecole Nationale Supérieure olytechnique, p. 2. (2006),
[38]	Bounour I. , Modélisation des isothermes d'adsorption dans le cas de : phénol et de bleu de méthyle sur le charbon actif en grain, Ingénieur d'Etat, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, p.6. (2000)
[39]	Rodriguez, M. J., Serodes, J. B., Morin, M., Estimation of water utility compliance with trihalomethane regulations using a modeling approach. Journal of water supply research and technology –aqua; 49, 2 57-73. (2000).
[40]	Smisek M., Cerney S., <i>Elsevier Publishing Company</i> Amsterdam, (1970).
[44]	Lagergren, S. About the theory of so-called adsorption of soluble substances. K. Sven.Ventensskapsakad. Handlingar Band, V 24 1-39(1998).
[45]	Ho, Y.S; McKay G. The Kinetics of sorption of divalent metal ions onto sphagnum moss peat Water Research V 34, (3) 735-742, (2000),
[46]	Ho, Y.S.; Mc Kay. G. Pseudo-second order model for sorption processes, Press Biochemistry, V 34, Issue 5, 451-465. (1999),
[47]	Ho, Y and Mc Kay, G. The sorption of Lead (II) ion on peat. Water Research, V 33, (2) 578-584. (1999).
[48]	Cerovic.Lj.S ; Milonjic.S.K ;Todorovic.M.B ;Trtanj.M.I ; Pogozev.Y.S,.Blagoveschenski, Y,Levashov,E .A Point of zéro charge of different carbides,Colsurfs,Physicochem,Eng, Aspects. .(2007).

بِسْمِ اللّٰهِ

Résumé

Le développement des procédés d'adsorption sur charbon actif est un domaine de recherche d'actualité. La préparation des charbons activés possédant des propriétés spécifiques attirent de plus en plus l'attention des chercheurs. La valorisation des sous-produits industriels connaît actuellement un essor remarquable.

C'est dans ce contexte que s'inscrit ce travail. Il s'agit d'une part de la préparation de charbon actif à partir des noyaux d'abricots, d'autre part était d'apporter une contribution à la connaissance de la performance du charbon actif en poudre dans la rétention des substances humiques.

L'étude est suivie par l'influence des paramètres expérimentaux tels que la concentration initiale ; la masse d'adsorbant, le temps et la vitesse d'agitation, la température et le pH.

Les résultats expérimentaux obtenus ont montrés que le charbon actif est bien efficace dans l'élimination des substances humiques à partir des solutions aqueuses.

L'adsorption de la substance humique suit l'isotherme de Freundlich et la cinétique d'adsorption est de pseudo second ordre.

Mots clé : substance humique, charbon, actif, adsorption.

ملخص

تعتبر عملية الإمتزاز على الفحم المنشط من أهم وسائل البحث المستعملة في الوقت الحالي، تتميز النفايات الصناعية يعرف حاليا اهتماما ملحوظا، وخاصة في مجال تحضير الفحم المنشط ذو الخصائص النوعية الذي يجذب اهتمام الكثير من الباحثين.

وفي هذا السياق يندرج هذا العمل، من جهة تحضير الفحم المنشط من نواة المشمش، و من جهة أخرى المساهمة في معرفة أداء الكربون المنشط المسحوق في إزالة المواد الدبالية .

وهذه الدراسة تبعت بتأثير خصائص تجريبية كالتركيز الابتدائي-كمية الممتص-سرعة وزمن التحريك- درجة الحرارة -درجة الحموضة.

أظهرت النتائج المتحصل عليها أن الكربون النشط له القدرة على امتصاص المواد الدبالية وكما برهنت النتائج أن عملية الامتصاص موصوفة جيدا بعلاقة فراندليش ويتبع الحركية من الدرجة الثانية .

كلمات البحث: الامتزاز، الكربون النشط، المواد الدبالية،