



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

# MÉMOIRE DE MASTER

**Domaine : Sciences et Techniques**

**Filière : Génie des procédés**

**Spécialité : Génie chimique**

Réf. : Entrez la référence du document

---

Présenté et soutenu par :

**RACHED Sabah**

Le : lundi 27 juin 2022

## **Etude et fabrication du bio-charbon actif avec bio-actif à partir des feuilles palmier datte**

---

### **Jury :**

Dr. Hadjeb Rihana	MCB	Université de Biskra	Président
Dr. Chebbi Rachid	MCA	Université de Biskra	Rapporteur
Dr. Fadel Amar	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021 – 2022



## **REMERCIEMENTS**

*Avant tout, je remercie Allah pour tout le courage et la force qu'il m'a confié pour achever ce travail.*

*Je tiens à remercier spécialement **Dr. Chebbi Rachid**, mon encadreur de mémoire, pour sa gentillesse, ses conseils et de m'avoir guidé pas à pas dans mon travail.*

*J'exprime également ma gratitude au **Dr. Fadel Amar** pour l'intérêt qu'il a porté à mon travail, pour ses conseils judicieux et pour sa participation au jury.*

*Je remercie aussi bien **Dr. Hadjeb Rihana** de m'avoir fait l'honneur de présider mon jury.*

*Mes remerciements s'adressant également à Monsieur **Sakri Adel**, chef du département de chimie industrielle*

*J'adresse mes remerciements, également, à tous les membres du laboratoire.*

***Enfin**, je remercie, toutes les personnes qui m'ont encouragé*

*Et soutenu de près ou de loin durant*

*La réalisation de ce travail.*



## *Dédicace*

Je dédie ce travail :

Mon cher père.

A ma chère mère.

A mon frère et mes sœurs.

À tous mes amis.

Ainsi que tous ceux qui de près ou de loin ont contribué à la réalisation de ce travail.

*Sabah.*

## Sommaire

**Remerciement**

**Dédicace**

**Liste des tableaux**

**Liste des figures**

**Liste des abréviations**

<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Evolution du charbon.....</b>	<b>4</b>
I .Introduction .....	4
I.1.charbon .....	4
I.1.1. définition.....	4
I.1.2. Origine et Propriétés du charbon .....	4
I.1. 3. Caractéristiques et qualité du charbon .....	4
I.1.4. Avantages et les inconvénients .....	5
I.2. noir de carbone .....	5
I.2.1 Définition .....	6
I.2.2.propriété physique et chimique.....	6
I.2.3.Les sources du noir de carbone.....	7
I.2.4.Utilisation du noir du carbone.....	7
I.2.5.Les Sources du charbon et noir du carbone à partir de la biomasse .....	8
<b>Chapitre II :Charbon actif et environnement.....</b>	<b>11</b>
II. Introduction .....	11
II.1.La pollution .....	11
II.1.1.La pollution atmosphérique.....	11
II.1.1.2.Les différents types de polluants .....	11
II.1.2. Pollution de l'eau .....	12

## Sommaire

---

II.1. 3. Pollution de sol.....	12
II.1. 3.1.Les principaux types de pollution des sols .....	12
II.1. 4.Procédés de traitement de pollution .....	13
II.2.L'adsorption.....	14
II.2. 1.Définition de l'adsorption .....	14
II.2.2.Types d'adsorption.....	14
II.2. 3.Isothermes d'adsorption .....	14
II.2. 4.Cinétique d'adsorption .....	15
II.2.4.1.Modèle du pseudo – premier ordre.....	15
II.2. 4.2.Modèle de pseudo – deuxième ordre.....	16
II.2. 5.Modélisation de l'adsorption.....	16
II.3. Le charbon actif et bio charbon.....	18
II. 3.1. Charbon actif .....	18
II.3.2.Bio charbon.....	19
II.4.L'activation .....	22
<b>Chapitre III : Partie expérimentale .....</b>	<b>25</b>
III. Introduction .....	25
III.1.Matière première et carbonisation .....	25
III.1.1.Préparation de la matière première.....	25
III.1.2.Fabrication du charbon actif.....	27
III.2. Spectroscopie Infra Rouge.....	32
III.3. Adsorption .....	33
<b>Chapitre IV : Résultats et discussion.....</b>	<b>37</b>
IV.1. L'influence des paramètres physico-chimique .....	37
IV.1.a-Effet de la dimension des particules sur la perte de masse du charbon actif (CA) .....	37
IV.1. b- L'effet des activant naturels et non naturels sur l'adsorption.....	38

## Sommaire

---

IV.2 .Analyse Spectroscopie Infra Rouge (FTIR) pour Bio-charbon actif (BCA).....	41
IV. 3. Etude paramétrique de l'adsorption.....	44
IV.4.Modélisation des isothermes d'adsorption .....	53
IV.4.1.Application du modèle de Freundlich.....	54
IV.4.2.Application des modèles de Langmuir.....	54
IV.4.3.Application de modèle de Temkin .....	54
IV. 5. Cinétique d'adsorption .....	57
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>61</b>
<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>64</b>

## Liste des tableaux

---

### Liste des tableaux

Tableau II.1: Avantages et inconvénients du bio charbon dans différents domaines d'application.....	21
Tableau IV .1 : La masse du charbon actif (CA) obtenue après carbonisation du charbon.....	37
Tableau IV .2 : Présente la masse charbon actif (CA) obtenue après lavage et séchage.....	38
Tableau IV.3 : les résultats d'adsorption l'acide acétique du sur charbon actif préparé à partir des feuilles de palmiers datte.....	38
Tableau IV.4 : La masse obtenue après carbonisation du bio-charbon actif (BCA)....	39
Tableau IV.5 : Masse obtenue bio-charbon actif après lavage et séchage.....	40
Tableau IV.6 : les résultats d'adsorption du l'acide acétique sur bio-charbon actif préparé à partir des feuilles de palmiers datte.....	40
Tableau IV.7 : Analyse par spectroscopie infrarouge bio-charbon actif à l'eau (H <sub>2</sub> O) pour première partie avant et après adsorption.....	42
Tableau IV. 8 : Analyse par spectroscopie infrarouge bio-charbon actif à l'eau (H <sub>2</sub> O(b) pour deuxième partie avant et après adsorption.....	43
Tableau IV.9 : Effet du temps d'agitation sur l'adsorption du (BCA) sur l'acide acétique.....	44
Tableau IV.10 : Effet de masse d'adsorbant.....	46
Tableau IV.11 L'effet de la température sur l'adsorption.....	47
Tableau IV.12 :Paramètres thermodynamiques de l'adsorption du l'acide acétique sur bio-charbon actif.....	50
Tableau IV.13 : Effet de concentration sur l'adsorption.....	51
Tableau IV.14 :L'effet du pH sur l'adsorption.....	52
Tableau IV.15 : Les résultats expérimentaux des isothermes d'adsorption.....	54
Tableau IV.16 : Constantes de différents modèles d'isothermes pour l'adsorption de l'acide acétique sur le Bio- charbon actif à l'eau(H <sub>2</sub> O) et (H <sub>2</sub> O(b))......	56
Tableau IV.17: Les résultats expérimentaux modèle du pseudo premier ordre.....	57
Tableau IV.18 Les résultats expérimentaux modèle du pseudo deuxième ordre.....	58
Tableau IV.19 : Constantes du modèle cinétique d'adsorption.....	59

## Liste des figures

---

### Liste des figures

Figure I.1: Présente le procédé de distillation de charbon.....	5
Figure I.2: Vue en coupe d'une particule de noir de carbone .....	6
Figure I.3: Voies de conversion de la biomasse en bioénergie .....	9
Figure II.1: Présente le CA en forme Extrudé .....	18
Figure II.2: Porosité du bio charbon.....	20
Figures III.1:Présente l'arbre de palmier dattier. Figures III.2.Présente les feuilles de palmier dattier.....	25
Figures III.3:Processus de lavage des feuilles de palmier (a) et après séchage à l'air libre (b) .....	26
Figures III.4: Processus de broyeur électrique (a), Poudre de feuilles de palmier dattier (b). .....	26
Figures III .5: Présente le procédé de tamisage .....	27
Figures III.6 : Procédé de Pré-carbonisation des feuilles de palmier .....	28
Figures III.7: Chlorure de sodium NATUREL (a), et solution de chlorure de sodium naturel (C=20g/l) (b).....	29
Figures III.8 : Four à moufle utilisé dans l'activation du bio-charbon [four a été fourni par le Dept Mécanique de l'Université de Biskra] .....	30
Figures III.9 : Présente le procédé de lavage du bio adsorbant (bio-charbon). .....	31
Figures III.10: Schéma résumant le processus de préparation du charbon actif. ....	32
Figure III.11 : L'appareil utilise pour l'analyse du bio-charbon actif provient des équipements du Laboratoires de chimie, Université de Biskra. ....	33
Figure III.12 :JAR TESTE et tableau de programmation montre la vitesse d'agitation....	33
Figure III.13 : Une image montrant la précipitation de charbon actif à partir d'une solution d'acide acétique après agitation. ....	34
Figures III.14 : Schéma du dosage acido-basique de l'acide acétique.....	35
Figure IV .1 : l'effet des activants sur le rendement d'adsorption de l'acide acétique surcharbon actif .....	39

## Liste des figures

---

Figure IV.2 : l'effet des bio-activant sur le rendement d'adsorption du l'acide acétique sur bio-charbon actif (BCA).....	41
Figure IV.3 : Présente le spectre infrarouge du bio-charbon actif (BCA)à l'eau (H <sub>2</sub> O) pour première partie avant et après adsorption .....	42
Figure IV.4 : Présente le spectre infrarouge du bio-charbon actif (BCA) à l'eau (H <sub>2</sub> O (b)) pour deuxième partie avant et après adsorption. ....	43
Figures IV.5 : Effet du temps d'agitation sur la performance d'adsorption du l'acide acétique sur bio-charbon(BCA) (C <sub>0</sub> = 30mg/L, pHi = 4,12, T = 29°C). ....	45
Figures IV.6 : Influence de la masse du bio-charbon actif (BCA) sur l'adsorption du l'acide acétique sur le BCA (C <sub>0</sub> = 30 mg/L, pHi= 4.12, T = 29,7 °C, temps d'agitation = 30 min). .....	47
Figures IV.7 : Influence de la température du sur l'adsorption l'acide acétique sur (BCA). .....	48
Figures IV.8 :Evolution de ln K <sub>d</sub> en fonction de 1/T.....	50
Figures IV.9 : Effet de la concentration initiale d'acide acétique sur performances d'adsorption du l'acide acétique sur (BCA) (m = 0,1 g, T = 28,6°C, temps d'agitation = 30 minutes, vitesse d'agitation 150 tr/min). ....	52
Figures IV. 10: Influence de pHi d'acide acétique sur l'adsorption (m = 0,1 g, T = 29 °C, temps d'agitation = 30 min, vitesse d'agitation 150 t/min). ....	53
Figure IV.11 : Modélisation linéaire par le modèle de Freundlich. ....	55
Figure IV.12:Modélisation linéaire par le modèle de Langmuir .....	55
Figure IV.13 : Modélisation linéaire par le modèle de Temkin. ....	56
Figure IV.14 : Modèle du pseudo – premier ordre. ....	57
Figure IV.15 : Modèle du pseudo – second ordre. ....	58

## Liste des abréviations

---

$Q_e$  : quantité de l'adsorbat retenu par unité de masse d'adsorbant (mg/g).

$V$  : volume de la solution (l).

$C_0$  : concentration initiale de l'adsorbat dans la solution (mg/l).

$m$  : masse de l'adsorbant (g).

$q_0$  : quantité de l'adsorbat initialement présente sur l'adsorbant (généralement nulle ou négligeable) (mg/g).

$k_1$  : Constante de vitesse d'adsorption pour l'équation de pseudo- premier ordre.

$k_2$  : Constante de vitesse apparente du pseudo- second ordre

$K_L$  (L/mg) : constante de Langmuir

$q_{\max}$  (mg/g) : Capacité d'adsorption maximale

$C_e$  (mg/L) : concentration de l'adsorbat à l'équilibre

$K_F$  ( $L \cdot g^{-1}$ ) et  $1/n$  : constante de Freundlich caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant donné vis-à-vis d'un soluté donné.

$R^2$  : Coefficient de corrélation.

$b_T$  et  $A_T$  : Constante de l'isotherme de Temkin

$R$  : Constante de gaze parfaits ( $8.314 \text{ k J} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

$C_e$  ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) : concentration à l'équilibre

$T(K)$  : Température absolue.

$V_{\text{Base}}$  ou  $V_b$  : Volume de la solution Na OH (ml).

CA : Charbon actif.

BCA : Bio-Charbon actif.

$\Delta G^\circ$  : Energie libre de Gibbs ( $\text{KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

$\Delta H^\circ$  : Enthalpie standard d'adsorption ( $\text{KJ} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

$\Delta S^\circ$  : Entropie standard d'adsorption ( $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$ )

$K_d$  : Constante d'équilibre thermodynamique

# Introduction générale



## Introduction générale

---

### Introduction générale

L'agriculture occupe une place clé dans l'économie des pays en raison de la sécurité énergétique et alimentaire, et avec le développement de la population exige des investissements agricoles plus, le volume et la quantité des déchets agricoles augmente, qui sont devenus une charge supplémentaire pour l'environnement difficilement biodégradables, et de ce fait, la nécessité de faire face à ce nouveau source de pollution de l'environnement apparaît.

Les déchets agricoles sont des sous-produits du système de production agricole qui doivent être converti en bioproduit comme biocarburant de la 2<sup>ème</sup> génération. Engrais organiques, La pollution des déchets agricole fait également référence aux produits biotiques et abiotiques résultant des pratiques agricoles qui entraînent la détérioration de l'environnement et de tous les systèmes environnants (l'eau, sols, et atmosphère).

Les chercheurs travaillent dans le domaine de la chimie durable ou propre, ont essayant d'éliminés les substances qui provoquent la pollution environnementale ; et de trouver les meilleurs matériaux adsorbants pour le traitement,

Ce travail est de valorisé les matières agricoles (déchets) avec non valeurs économiques et de transformés en charbon actif comme adsorbants, et matières premières pour l'industrie économique. L'adsorbant fabriqué à partir des déchets agricole qui est les feuilles des palmiers.

Le but de notre étude est d'utiliser l'un des déchets agricoles naturels pour fabriquer un adsorbant naturel (bio-adsorbant) avec un bio activant, le bio-charbon actif extrait à partir de la biomasse (les feuilles de palmier), ce qu'on appelle Djérid collectaient de la région de la Wilaya D' OULED DJELLAL et d'étudier l'effet de facteurs physiques et chimiques tels que : la température et l'activation. Où nous avons fait une étude analytique du matériau adsorbant par infrarouge et pH, puis étudié l'effet de divers facteurs affectant le processus d'adsorption (effet du temps, la masse, la concentration initiale, la température et du pH).

Ce travail compose de quatre chapitres

Le premier chapitre présente la bibliographique de l'évolution du charbon et le carbone noir.

## Introduction générale

---

Dans le deuxième chapitre consiste à la description de la pollution et le phénomène de traitement. Finalement le charbon actif et le bio-charbon.

Le troisième chapitre décrit la fabrication de bio-adsorbant (bio-charbon actif) avec un bio-activant qui est l'eau à partir de la biomasse (feuilles de palmier dattier), Le mode de préparation consiste à laver puis sécher à l'air libre les feuilles des palmes, puis broyer puis tamiser, et nous avons obtenu une poudre des palmes de deux tailles de 1 mm et 63µm. Lorsque nous avons appliqué la poudre obtenue dans la préparation de charbon actif à partir de deux parties différentes de préparation de la matière première, suite par un processus d'activation, de carbonisation, lavage du bio-charbon actif obtenu, finalement une application sur l'acide acétique.

Le dernier chapitre comprend les résultats obtenus et la discussion, et enfin la conclusion.

# Chapitre I

## Evolution du charbon



## **Chapitre I**

### **Evolution du charbon**

#### **I .Introduction**

La naissance du charbon début avec la réaction de l'univers, est l'un des amis de l'homme, est la première matière énergétique bio utilisée pour vivre sous forme solide comme le bois et les roches.

#### **I.1.charbon**

##### **I.1.1. définition**

Le charbon est une roche formée principalement de carbone et d'autres substances, il est utilisé comme source d'énergie et il peut être d'origine végétale ou minérale. Le charbon c'est l'accumulation et la sédimentation de débris animaux et végétaux dans un environnement pendant plusieurs millions d'années.

##### **I.1.2. Origine et Propriétés du charbon**

Le charbon est une roche sédimentaire combustible composée essentiellement de carbone, d'hydrogène et d'oxygène. Il se forme sur plusieurs millions d'années à partir de l'accumulation de débris végétaux qui vont sédimenter et carboniser progressivement à la suite d'une modification graduelle des conditions de température et de pression. Les propriétés physiques et chimiques du charbon dépendent donc essentiellement du degré de carbonisation du charbon (le "rang" du charbon). Plus le charbon a un rang élevé, plus sa teneur en eau est faible et sa teneur en carbone est forte, plus son pouvoir calorifique est important. Les charbons de rang supérieur donc sont des combustibles de meilleure qualité.

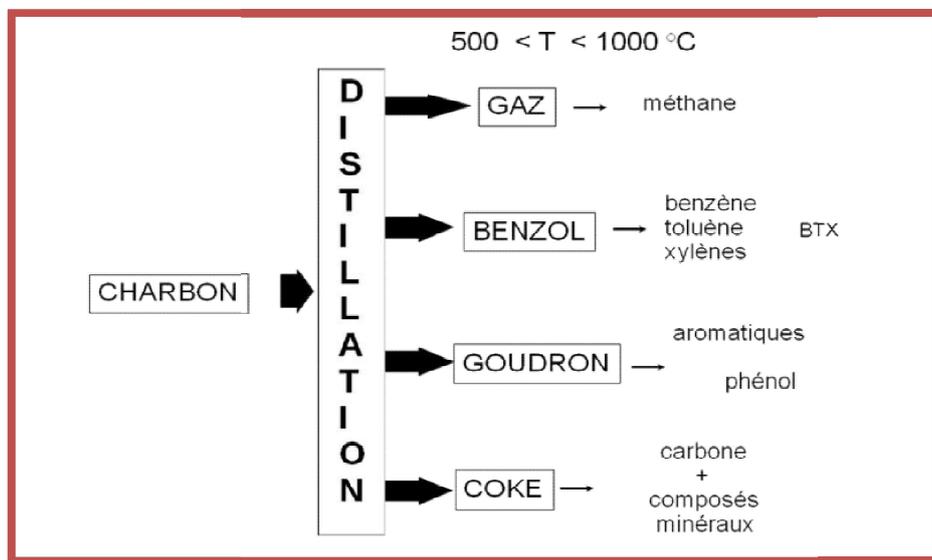
[01]

##### **I.1.3. Caractéristiques et qualité du charbon**

La qualité d'un charbon naturel dépend de sa teneur en carbone, en éléments volatils (méthane, hydrogène...), en eau, en soufre, en cendres et de son pouvoir calorifique (l'énergie dégagée sous forme de chaleur par la combustion). Les charbons issus de dépôts végétaux anciens, qui ont subi les effets du temps, de la pression et de la chaleur, sont plus durs, secs et riches en énergie. On distingue différentes catégories de charbon qui reflètent les stades de formation :

✚ Les houilles et les anthracites ont un fort pouvoir calorifique. Ces types de charbon sont destinés à la sidérurgie et aux chaudières qui produisent de la vapeur et de l'électricité.

✚ Le charbon brun a une plus faible valeur énergétique et sert à la production d'énergie électrique dans des centrales thermiques à charbon. [01], l'un des procédés de l'extraction du carbone noir à partir du charbon naturel (roches) est le procédé de distillation **Fig1.1**, ce procédé consiste à la cokéfaction consiste à éliminer du charbon les matières volatiles par distillation à l'abri de l'air afin d'éviter la combustion du charbon en présence d'oxygène. A la fin de ce traitement, le charbon est transformé en coke. La qualité du coke dépend du charbon utilisé et des conditions opérationnelles du procédé de cokéfaction. [02]



**Figure I.1** : Présente le procédé de distillation de charbon

#### I.1.4. Avantages et les inconvénients

##### ✚ Avantages

Prix compétitif et stable, Abondance (gisements dans le monde entier), Sécurité d'approvisionnement, et le produit physiquement stable.

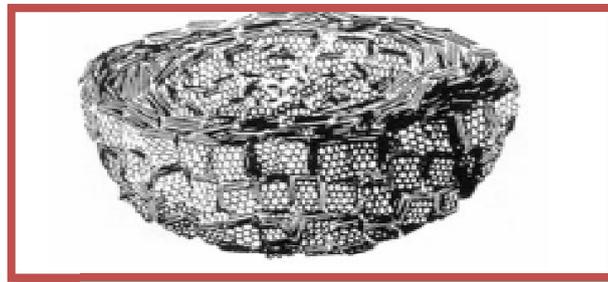
##### ✚ Inconvénients

Énergie non-renouvelable et coûteuse à l'extraction, Énergie fossile polluante, sa combustion accroît l'effet de serre

#### I.2. noir de carbone

### I.2.1. Définition

Noir de carbone est la particule conductrice la plus utilisée dans l'élaboration des composites et des polymères conducteurs (CPC), en raison de son prix de revient relativement faible, et de sa faible densité. Le noir de carbone se présente sous la forme d'une poudre constituée de particules. A l'échelle nanométrique, les particules de noir de carbone sont des masses sphéroïdales constituées par des atomes de carbone ayant une organisation plus ou moins graphitique (Figure I.2) [04], le carbone et le noir de carbone considère comme une source de vie pour humanité, puisque c'est la source d'oxygène, en utilisant le moteur (plante) de transformation de CO<sub>2</sub>, en parallèle l'utilisation du carbone dans le secteur industriels.



**Figure I.2:** Vue en coupe d'une particule de noir de carbone.

### I.2.2. propriété physique et chimique

#### ➤ Propriétés physiques

Les noirs de carbone se présentent sous l'aspect de poudres inodores formées de carbone élémentaire (> 97 %). Ces poudres sont constituées de particules sphériques de très petite taille (de 10 à 500 nm) qui s'agglomèrent en agrégats (de 100 à 800 nm), chaînes de particules de carbone plus ou moins sphériques ayant fusionné au hasard pour créer une structure en branches. Des forces électriques peuvent maintenir ces agrégats entre eux pour former des agglomérats peu compacts (de 1 à 100 µm). Le noir de carbone commercial se présente sous forme d'agglomérats. Il peut également être transformé en granules (de 0,1 à 1 mm) afin d'en faciliter la manipulation et réduire la formation de poussières. Les noirs de carbone contiennent de faibles quantités de sous-produits adsorbés à leur surface tels que des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), des dérivés nitrés et soufrés de HAP ainsi que des traces de composés inorganiques (calcium, fer, potassium, plomb, arsenic, chrome, sélénium). Ils sont insolubles dans l'eau et les solvants organiques.

➤ **Propriétés chimiques**

Le noir de carbone peut réagir avec des oxydants forts comme les chlorates, les bromates, les nitrates. Lors de sa combustion, il se forme essentiellement du monoxyde et du dioxyde de carbone et, en quantité moindre, des oxydes de soufre et d'azote.

### **I.2.3. Les sources du noir de carbone**

Ils existent plusieurs procédés de fabrication de noir de carbone.

 **Procédé Fabrication du noir de fumée**

Le noir de fumée, obtenu par combustion incomplète d'hydrocarbures de goudron, possède des qualités exceptionnelles de renforcement des pneumatiques en caoutchouc.

 **Fabrication du noir de carbone par fourneau**

Le noir de fourneau, obtenu par combustion incomplète de gaz naturel ou de résidus pétroliers lourds est la forme la plus commercialisée (95 %).

 **Fabrication du noir d'acétylène**

Le noir d'acétylène, obtenu par craquage de l'acétylène des températures de plus de 2000 °C, est un des noirs de carbone les plus purs, il possède un caractère conducteur marqué, et il présente une très forte agrégation.

 **Fabrication du noir de tunnel**

Le noir tunnel, produit par combustion incomplète de gaz naturel vers la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, n'est pratiquement plus fabriqué actuellement. C'était la forme la plus commercialisée au début du 20ème pour le caoutchouc et les pigments (sa production est actuellement interrompue sauf en Allemagne), Ses particularités : granulométrie très fine (inférieure (30nm), faible degré d'agrégation, taux élevé de substances volatiles (environ 5 %).

 **Fabrication du noir de thermique**

Le noir thermique, obtenu par chauffage d'une chambre réfractaire suivi d'une injection de gaz naturel qui génère la formation de carbone et d'hydrogène. Il présente les particules les moins fines (de 150 à 500 nm) et la surface spécifique la plus faible (de 6 à 15 m<sup>2</sup>/g).

#### I.2.4. Utilisation du noir de carbone

Environ 70% du noir de carbone est utilisé dans l'industrie du caoutchouc et la majorité de c'est dans le domaine de l'automobile.

Porter: Pratiquement tous les produits en caoutchouc, dans lequel les propriétés d'usure de la résistance à la traction, la friction et l'abrasion sont cruciales. Le facteur aggravant est que cela aura un impact fortement sur la coloration.

Le noir de carbone est utilisé comme absorbant pour les radars ou les rayons UV, puis comme conservateur dans les matériaux manufacturés exposés à de tels rayonnements.

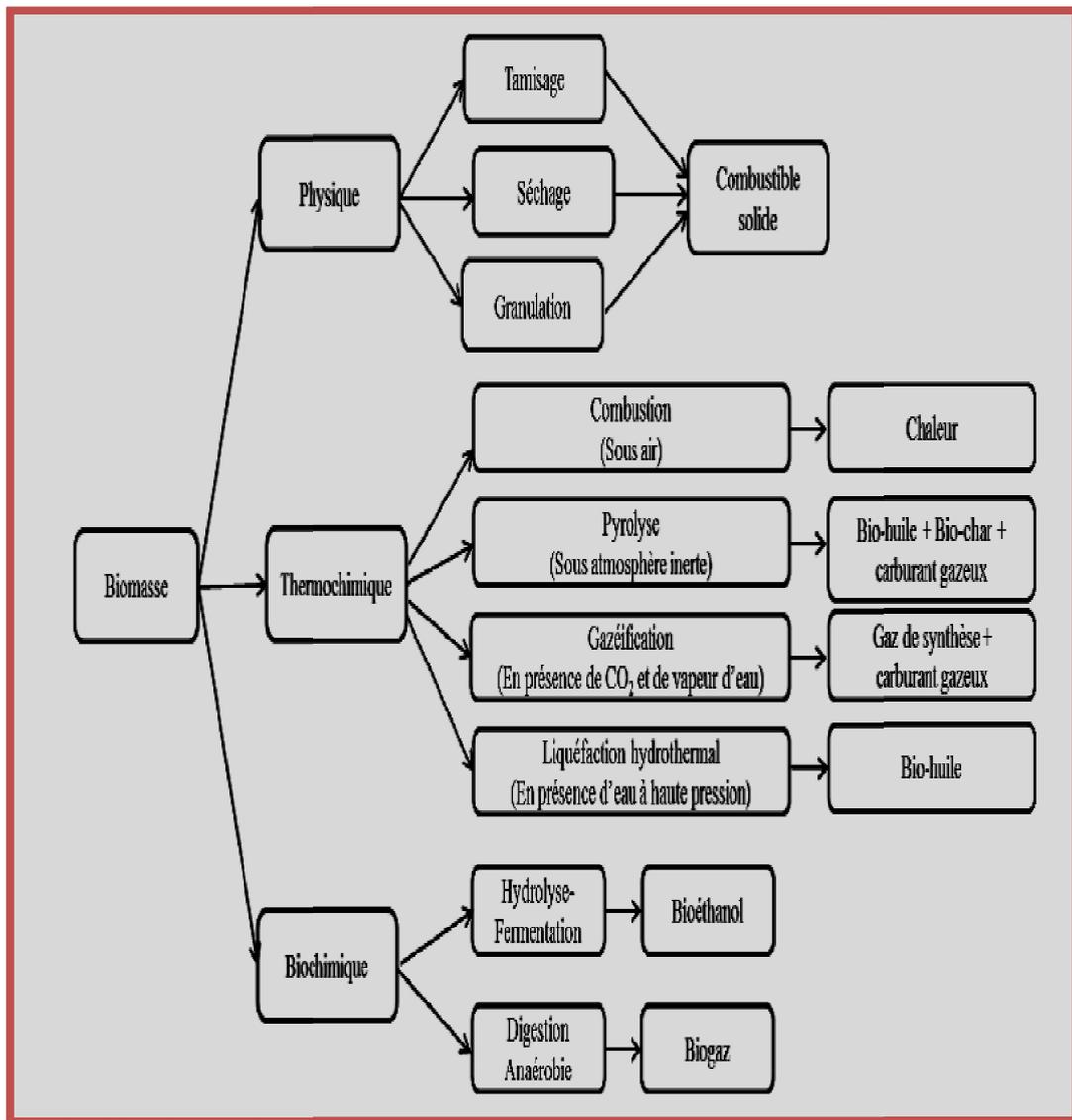
Comment teindre : dans les peintures, les revêtements, les encres, les colorants universels pour le papier, les encres pour copieurs et imprimantes laser.

Utiliser du noir de carbone comme colorant alimentaire (additif E152) ; A ne pas confondre avec le charbon actif végétal (additif E153) C'est aussi un pigment photochromique.

#### I.2.5. Les Sources du charbon et noir du carbone à partir de la biomasse

La biomasse est la matière organique renouvelable qui provient des plantes et des animaux. Les plantes produisent de la biomasse par photosynthèse et sont utilisées comme source de combustible très importante dans de nombreux pays.

La biomasse est transformée en biocombustible par plusieurs voies de conversion physiques, thermochimiques ou biochimiques (**Figure I.3**). Dans les procédés de conversion physique, la biomasse est transformée en combustible solide en utilisant des méthodes de densification comprenant le broyage, le tamisage, le séchage, la granulation, etc. Dans les procédés de conversion thermochimique, la chaleur et des catalyseurs chimiques sont utilisés pour transformer la biomasse en produits à haute valeur énergétique. Dans les procédés biochimiques, des enzymes et des micro-organismes sont utilisés pour transformer la biomasse en produits énergétiques. [07]



**Figure I.3:** Voies de conversion de la biomasse en bioénergie.

Il existe de nombreuses sources pour obtenir de la biomasse, dont les plus importantes sont les suivantes : Déchets de transformation du bois, tels que ; Granulés de bois, copeaux de bois, sciure de bois pour meubles et déchets de papeterie. Cultures et déchets agricoles, tels que ; Maïs, soja, canne à sucre, herbe, plantes ligneuses, algues, récoltes et résidus de transformation alimentaire. Biomatériaux dans les déchets solides, tels que ; Papier, coton, produits en laine, nourriture, chantiers et déchets de bois. Fumier animal et assainissement humain.

# Chapitre II

## Charbon actif et environnement



## Chapitre II

### Charbon actif et environnement

#### II. Introduction

L'environnement est la totalité des choses qui nous entourent et affectent l'existence des organismes vivants à la surface de la terre, y compris l'eau, l'air, le sol, les minéraux, le climat et les organismes eux-mêmes. C'est un système qui relie ces facteurs entre eux, pour construire une vie confortable. L'effet de chaque facteur humain ou industrielle résulte un changement dans l'environnement ; généralement un effet négatif. Augmentation de la concentration de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, ....consiste un effet de serre, et pollution de l'atmosphère qui conclut une pollution d'environnement.

#### II.1.La pollution

La pollution c'est un phénomène physico-chimique et biologique de changement, d'une phase propre vers une phase polluante ; par exemple l'air est la phase qui constitué la couche atmosphérique propre avec oxygène, azote,..... . L'introduction des gaz étrangers dans l'atmosphère devient une phase polluante.

##### II.1.1.La pollution atmosphérique

La pollution atmosphérique est le changement dans la couche atmosphérique, par l'introduction des gaz étrangère dans la couche atmosphérique, c.-à-d. des modifications de la composition chimique de l'air sous l'effet des activités humaines quotidienne et industrielles. Ce phénomène se manifeste sur une très grande affluence, de l'échelle urbaine jusqu'à l'échelle planétaire, finalement ces conséquence résulte une pollution atmosphérique.

##### II.1.1.2.Les différents types de polluants

Il existe plusieurs types de polluants, à l'échelle locale, régionale et à l'échelle globale. La première forme de pollution provient de sources de proximité telles que les installations industrielles ou les véhicules. Les polluants les plus caractéristiques de cette échelle d'impact les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), le dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>), le monoxyde de carbone (CO), les composés organiques volatiles (COV.....),La seconde forme de pollution résulte de phénomènes physico-chimiques plus ou moins complexes à l'origine de la formation dans l'atmosphère de polluants dits « secondaires » à partir de polluants dit «

primaires » ; un exemple important de tels polluants « secondaires » est l'ozone (O<sub>3</sub>). Cette forme de pollution est dite « régionale » car l'échelle du territoire affectée par ces phénomènes est large. La dernière forme de pollution concerne les substances impliquées dans les phénomènes de changements climatiques (les « gaz à effet de serre » et, en particulier, le CO<sub>2</sub>) [08].

### II.1.2. Pollution de l'eau

La pollution de l'eau c'est la modification de son état d'origine, directement ou indirectement, de sorte que l'eau devient moins adaptée aux usages naturels qui lui sont destinés, ce changement due à des réactions avec d'autres composés polluants comme, les acides humique, acides corrosifs, et les colorants.....il existe plusieurs types de pollution de l'eau.

- ✓ **La pollution physique** due à la présence de matières en suspension et parfois de colloïdes. Elle se traduit par un trouble ou une coloration plus ou moins prononcée.
- ✓ **La pollution chimique** due à l'existence de certaines substances chimiques en solution à des taux pouvant provoquer le changement de saveur ou l'apparition d'un caractère toxique de l'eau. La pollution radioactive est la plus redoutable en raison de sa grande vitesse de propagation
- ✓ **La pollution biologique** se manifeste lors de l'existence de certains types de microorganismes capables de se proliférer dans l'eau.
- ✓ **La pollution thermique** provoquée par l'accroissement excessif de la température de l'eau par suite de rejets des eaux des circuits de refroidissement des établissements industriels spécialement les centrales énergétiques.

### II.1.3. Pollution de sol

Un sol est dit pollué quand il contient un ou plusieurs polluants ou contaminants susceptibles de causer des altérations biologiques, physiques et chimiques.

#### II.1.3.1. Les principaux types de pollution des sols

##### a) Pollution de la terre endogène ou naturelle

Il s'agit du type de pollution du sol qui se produit de manière naturelle, car il s'agit de celle qui se produit à cause de phénomènes naturels qui apportent et filtrent les éléments chimiques naturels dans le sol.

**b) Pollution du sol anthropique, exogène ou de l'être humain**

Il s'agit du type de pollution du sol que nous, les humains, produisons. Il s'agit donc d'un type de pollution qui voit le jour par le biais des activités humaines qui introduisent des polluants dans la nature.

**c) Pollution de la terre par substances chimiques**

Ce type de pollution fait partie de la pollution anthropique, car elle se manifeste quand des produits chimiques de synthèse sont introduits dans l'environnement.

**d) .Pollution du sol par infiltration**

L'accumulation de nos déchets, qu'ils viennent de nos foyers ou des grandes industries, dans un lieu concret génère un niveau élevé de pollution directe du sol, car c'est ainsi que se produit le processus de dégradation des déchets à cause de l'exposition à l'environnement et leur lixiviation.

**e) Pollution de la terre par ruissellement**

La pollution par écoulement est due au fait que certains polluants, tels que les engrais, les pesticides, le pétrole, etc., sont filtrés dans le sol.

**f) Pollution du sol par les bâtiments abandonnés**

L'abandon de bâtiments et d'installations qui furent d'une quelconque industrie, ou voire des habitations, pollue aussi les sols. Les bâtiments abandonnés empêchent les animaux et les plantes de pouvoir s'installer durant une très longue période de temps. [09]

**II.1. 4.Procédés de traitement de pollution**

La recherche a montré qu'il existe plusieurs méthodes and technologies, utilisées pour le traitement et élimination des polluants telles que : (Adsorption, séparation par membranes, coagulation et agglomération).Nous mentionnons également les méthodes chimiques : (échange d'ions, oxydation par l'oxygène et ozone) et méthodes biologiques (traitements aérobies et anaérobies) [10-17].

**II.2.L'adsorption****II.2. 1.Définition de l'adsorption**

L'adsorption est un phénomène de surface par lequel des atomes ou des molécules d'un fluide (adsorbats) se fixent sur une surface solide (adsorbant) selon divers processus plus ou moins intenses grâce aux interactions physiques /ou chimiques. Ce phénomène utilise pour le traitement ou l'élimination des substances polluantes (Toxique) les colorants, les effluents gazeux....

### II.2.2.Types d'adsorption

Le phénomène d'adsorption se divise en deux types d'adsorption, chimique et physique.

#### ✚ L'adsorption chimique (ou chimisorption)

L'adsorption chimique ou adsorption activée résulte d'une interaction chimique qui se traduit par un transfert d'électrons entre le solide et l'adsorbat. Il y a alors formation d'un composé chimique à la surface de l'adsorbant. Ce type d'adsorption se développe à haute température et met en jeu une enthalpie de transformation élevée [18].

#### ✚ L'adsorption physique (ou physisorption)

Elle est due à la force électrostatique entre les molécules du soluté et la surface du solide. Il peut s'agir :

- D'interaction ou de répulsion entre espèces chargées
- D'interaction entre dipôles,
- D'interaction de type Van Der Waals,
- Des liaisons hydrogène,

La physisorption est rapide, réversible et n'entraînant pas de modification des molécules adsorbées [19].

### II.2. 3.Isothermes d'adsorption

Au plan expérimental, il est très fréquent dans les études de réaction de sorption, de relier à une température donnée, la quantité de l'adsorbat retenue par unité de masse de l'adsorbant avec la concentration de l'adsorbat à l'équilibre d'adsorption. La relation obtenue est nommée isotherme d'adsorption. Elle est exprimée par la relation suivante :

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e) \cdot V}{m} + q_0 \quad \text{(II.1) [19]}$$

- $Q_e$ : quantité de l'adsorbat retenu par unité de masse d'adsorbant (mg/g).

- **V** : volume de la solution (l).
- **C<sub>0</sub>**: concentration initiale de l'adsorbat dans la solution (mg/l).
- **m** : masse de l'adsorbant (g).
- **q<sub>0</sub>**: quantité de l'adsorbat initialement présente sur l'adsorbant (généralement nulle ou négligeable) (mg/g).

Le taux d'adsorption R (%) est donné par l'équation :

$$R (\%) = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0} \quad (\text{II.2})$$

## II.2. 4. Cinétique d'adsorption

L'adsorption à l'interface liquide/solide, avec une réaction localisée dans des pores (adsorbants, échangeurs d'ions, catalyseurs, ...), comprend cinétiquement trois étapes importantes, si on exclut le transport du soluté au sein de la solution notamment quand le système est agité:

- la diffusion à travers le film entourant les particules solides d'adsorbant, « dite diffusion externe ».
- la diffusion dans les pores de l'adsorbant, dite « diffusion intra-particule »
- la réaction d'adsorption (et de désorption) proprement dite « réaction de surface ».

Une (ou plusieurs) de ces étapes peut être cinétiquement déterminante (ou limitant). La désorption, quand elle a lieu de manière significative, présente même étape dans l'ordre inverse. Plusieurs modèles sont donnés dans la littérature pour décrire la cinétique d'adsorption

### II.2.4.1. Modèle du pseudo – premier ordre

Pour le modèle de premier ordre la constante de vitesse  $k_1$  est donnée par l'équation suivante :

$$dQ_t / dt = k_1 (Q_e - Q_t) \quad (\text{II.3})$$

Dont la forme linéaire est donnée par l'équation :

$$\text{Log} (Q_e - Q_t) = \text{log} Q_e - (K_1 / 2.303)t \quad (\text{II.4})$$

Avec :

$Q_e$  : Quantité d'adsorbat à l'équilibre par gramme d'adsorbant ( $\text{mg. g}^{-1}$ ).

$t$  : le temps de contact (min) ;  $k_1$  : Constante de vitesse d'adsorption pour l'équation de pseudo- premier ordre. [20]

### II.2. 4.2. Modèle de pseudo – deuxième ordre

Pour le modèle de pseudo – deuxième la constante de vitesse  $k_2$  est donnée par l'équation suivante :

$$dQ_t / dt = k_2 (Q_e - Q_t)^2 \quad (\text{II.5})$$

La linéarisation de cette équation donne :

$$t/Q_t = (1/k_2 Q_e^2) + (1/Q_e) t \quad (\text{II.6})$$

$k_2$ : Constante de vitesse apparente du pseudo- second ordre.

$Q_e$ : Capacité d'adsorption du matériau à la saturation ( $\text{mg. g}^{-1}$ ).

$Q_t$ : Quantité de colorant adsorbée ( $\text{mg. g}^{-1}$ ) par le matériau à l'instant  $t$ .

$h$ : qui correspond à  $k_2 Q_e^2$ , est la vitesse initiale d'adsorption.

Le tracé de  $t/Q_t$  en fonction du temps  $t$  donnera une droite de pente égale à  $1/ Q_e$  et d'ordonnée à l'origine égale à  $(1/k^2 Q_e^2)$ . Ces valeurs obtenues permettent la détermination de la constante de vitesse apparente  $k_2$  et la capacité d'adsorption du matériau à la saturation  $Q_e$  sont déduits de la droite  $t/Q_t = f(t)$ . [20]

### II.2. 5. Modélisation de l'adsorption

#### a) Isotherme de Langmuir

L'isotherme proposée en 1918, repose sur les hypothèses ci-dessous :

- Il existe plusieurs sites d'adsorption à la surface de l'adsorption
- Chacun de ces sites peut adsorber une seule molécule : par conséquent, une seule couche de molécules peut être adsorbée par l'adsorbant
- Chacun de ces sites a la même affinité pour les impuretés en solution
- L'activité d'un site donné n'affecte pas l'activité des sites adjacents
- L'équation de l'isotherme de Langmuir est donnée par l'équation (II.7)

$$q_e = q_{\max} K_L C_e / (1 + K_L C_e) \quad (\text{II.7})$$

$K_L$  (L/mg) : constante de Langmuir

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

$q_{max}$  (mg/g) : Capacité d'adsorption maximale

$C_e$  (mg/L) : concentration de l'adsorbat à l'équilibre.

### b) Isotherme de Freundlich

Ce modèle postule que différents sites interviennent dans l'adsorption avec des énergies différentes, l'entropie restant constante. Ces sites obéissent à une distribution exponentielle, fonction de la chaleur d'adsorption. La densité des sites varie également exponentiellement. Le modèle s'adapte le plus souvent à une adsorption de type physique. L'isotherme d'adsorption de Freundlich repose sur l'équation empirique (II.8).

$$Q_e = K_F \cdot C_e^{1/n} \quad (\text{II.8})$$

$K_F$  (L.g<sup>-1</sup>) et  $n$  sont des constantes associées respectivement à la capacité d'adsorption et à l'affinité de l'adsorbât vis-à-vis de l'adsorbant qu'il faut évaluer pour chaque température par le tracé du graphe. L'équation de Freundlich (II.9) sous sa forme logarithmique est plus utile.

$$\ln q_e = \ln K_F + (1/n) \ln C_e \quad (\text{II.9}) \quad [18]$$

### c) Isotherme de Temkin

La dérivation de l'équation l'isotherme de Temkin (équation II.12) suppose que l'abaissement de la chaleur d'adsorption plutôt que logarithmique, comme appliqué dans l'équation de Freundlich.

$$q_e = (RT/b_T) \cdot \ln (A_T C_e) = B \ln A + B \ln C_e \quad (\text{II.10}) \quad [21]$$

$b_T$  et  $A_T$  : Constante de l'isotherme de Temkin

$R$  : Constante de gaze parfaits (8.314k J.mol<sup>-1</sup>)

$C_e$  (mg. L<sup>-1</sup>) : concentration à l'équilibre et  $T(K)$  : Température absolue.

## II.3. Le charbon actif et bio- charbon

### II. 3.1.Charbon actif

Les charbons actifs sont des matériaux adsorbants constitués essentiellement de matières carbonées. Ils sont dotés d'une porosité très développée qui leur donne la propriété d'adsorber c'est-à-dire de fixer sur sa surface de nombreuses molécules [10]. Cette caractéristique est due à des millions des micropores créés lors de sa synthèse. Les charbons actifs se caractérisent en général une grande surface spécifique prouvent dépasser 1500 m<sup>2</sup>/g avec des volumes poreux très importants. Cette porosité, ainsi que la nature chimique de la surface permettent d'adsorber certains composés, dans une phase liquide ou gazeuse [22].

#### a) Origine du charbon actif

D'origine organique ou minérale, il provient de diverses matières animales et végétales (coque de noix de coco, tourbe, houille...), les charbons actifs issus de ces derniers produits sont les plus souvent employés pour le traitement de l'eau naturelle ou résiduaire. Pour des recherches spécifiques, on peut avoir recours à des produits carbonisés comme le sucre qui donne du charbon actif chimiquement pur [23].

#### b) Différents types de charbon actif

Il ya Différentes formes du charbon actif, Les formes du charbon actif les plus utilisés sont : extrudé, poudre et granulé.

##### ➤ Le charbon actif extrudé

Le charbon actif extrudé comme présentée dans la figure II.4 est de forme cylindrique avec des diamètres allant de 0.8 mm à 5 mm. Il est principalement utilisé pour des applications en phase gazeuse à cause de sa faible perte de charge, de sa grande résistance mécanique et de sa faible teneur en poussières [24].



Figure II.1 : Présente le CA en forme Extrudé [25].

➤ **Charbon actif en poudre (CAP)**

Le charbon actif en poudre se présente sous forme de fines particules de granulométrie comprise entre 1 et 100  $\mu\text{m}$ . Les particules ont une large surface externe et une faible profondeur de diffusion  $\mu$  la vitesse d'adsorption est très rapide. Le charbon actif en poudre est fréquemment utilisé pour le traitement d'effluents liquides. Par contre il est difficile à manipuler et à récupérer ce qui pose des problèmes de régénération [26].

➤ **Charbon actif granulé (CAG)**

La forme granulaire du charbon est caractérisée par une taille des particules supérieure à 1 millimètre (1 mm), un faible diamètre des pores, une grande surface interne et une surface externe relativement faible. Il en résulte que les phénomènes de diffusion à l'intérieur des pores prennent une grande importance dans le processus d'adsorption [27].

### **II.3.2. Bio charbon**

**a) Définition du bio- charbon**

Le bio-charbon (appelé aussi bio char) est le sous-produit de la pyrolyse, une décomposition thermochimique de la matière organique qui se réalise quand de la biomasse est exposée à des températures supérieures à 350 °C en l'absence ou très peu d'oxygène .Cependant, il se distingue du charbon de bois et des matières analogues du fait que celui-ci est produit dans le but d'être appliqué dans le sol comme moyen d'améliorer la fertilité du sol, d'augmenter le stockage de carbone, ou même de favoriser la filtration de l'eau de percolation du sol [28] .

**b) Propriétés du bio-charbon**

En fonction des températures atteintes lors de la pyrolyse et de la nature de la biomasse initiale, les propriétés physiques et chimiques du produit bio charbon obtenu peuvent varier [29], [30].

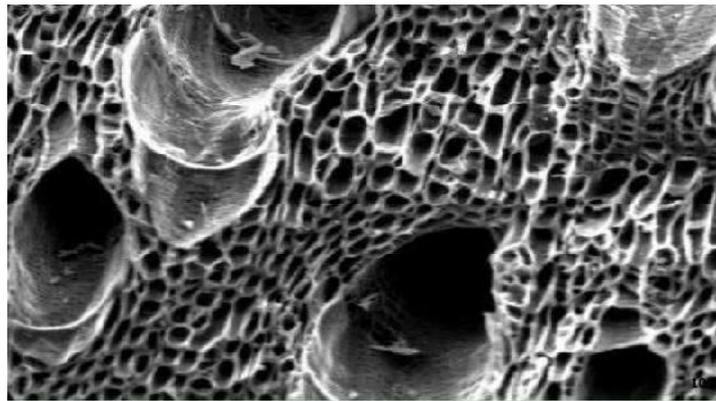
Les caractéristiques principales sont :

❖ **La densité**

Les travaux de Downie et al ont montré que la densité du bio charbon dépend de la nature de la biomasse ainsi que de la température à laquelle il est produit. Mais d'une manière générale, elle varie entre 0,2 et 0,8 g/cm<sup>3</sup> Fig II.2 [31].

#### ❖ Surface spécifique et la porosité

Le bio charbon présente une grande surface spécifique qui peut varier entre quelques centaines à 3000 m<sup>2</sup>/g [32]. Cette grande surface spécifique constitue un abri pour les microorganismes et un lieu de stockage des nutriments du sol [33]. Le bio charbon est constitué de milliers de pores qui sont formés lors de la pyrolyse. Pour cette raison, il est en mesure d'absorber jusqu'à cinq fois son poids propre en eau ainsi que les éléments nutritifs qui s'y trouvent sous forme diluée [33]. On appelle cette caractéristique la capacité d'absorption du bio charbon. Cette capacité est fonction du type de biomasse pyrolyse et de la température de pyrolyse [34].



**Figure II.2 :** Porosité du bio charbon.

Cette figure présente un cliché de microscopie électronique à balayage d'un bio charbon dont la surface spécifique créée par la combinaison des macropores et micropores est comprise entre 200 m<sup>2</sup>/g et 400 m<sup>2</sup>/g. [31]

#### ❖ Le pH

Bien que la plupart du bio charbon ait un pH basique (entre 8 et 9,5), certains bio charbons ont un faible pH (entre 7,2 et 8) lié au taux de minéraux contenu dans la biomasse [32].

#### ❖ La capacité d'échange en cations (CEC)

Le bio charbon est chargé négativement. Ceci lui permet de fixer des cations du sol et d'avoir ainsi une grande capacité d'échange en cation (CEC). Il retient les cations du sol

par adsorption électrostatique et en restitue l'essentiel (potassium, magnésium, calcium etc.) nécessaire à la croissance de la plante [35].

### c) Avantages et inconvénients du Bio-charbon

Les avantages et inconvénients du Bio charbon sont indiqués dans le tableau II.1 [36]

**Tableau II.1:** Avantages et inconvénients du bio charbon dans différents domaines d'application.

Application		Adsorption
<b>But</b>	L'adsorption des polluants organiques et les métaux lourds présents dans le sol et dans l'eau.	
<b>Avantages</b>	Des ressources peu coûteuses, abondantes durables et des groupes oxygénés à la surface du bio charbon facilitent l'adsorption.	
<b>Inconvénients</b>	L'efficacité de l'assainissement des contaminants organiques/inorganiques est encore incertaine, et la persistance des métaux lourds.	
Application		Précurseur des catalyseurs
<b>But</b>	Le support de catalyseur et les matériaux à base de carbone agissent comme catalyseurs directs.	
<b>Avantages</b>	Grande surface spécifique, groupes fonctionnels abondants, Co catalyseur, faible coût.	
<b>Inconvénients</b>	Efficacité relativement faible, faible résistance à l'abrasion par rapport au catalyseur commercial.	
Application		Amendement du sol
<b>But</b>	Séquestration du carbone, amélioration de la qualité des sols.	
<b>Avantages</b>	Faible coût, ressources durables, rétention de l'eau et des nutriments, réduction de la consommation d'engrais, réduction des émissions de gaz à effet de serre et des pertes d'éléments nutritifs.	
<b>Inconvénients</b>	Contaminant possible des métaux lourds et des HAP.	

### d) Elaboration du charbon de bois (Bio-charbon)

La fabrication du charbon de bois est une opération qui se déroule en générale par le procédé de carbonisation. Ce processus s'établit en 4 étapes :

- **Étape 1 La déshydratation** : entre 100 et 200°C, le bois perd surtout son humidité. C'est la période endothermique correspondant au séchage, au cours de laquelle peuvent être éliminés quelques composés volatils entraînés par la vapeur d'eau. La durée de cette phase dépend de l'Humidité du bois et de la méthode de carbonisation.
- **Étape 2 Pré-carbonisation** : de 120 °C à 250-270 °C. C'est une phase endothermique de décomposition lente du bois. Il se produit au cours de cette étape des liquides pyroligneux (acide acétique, méthanol, acide formique) et une petite quantité de gaz non condensables (CO, CO<sub>2</sub>).
- **Étape 3 Carbonisation** : à partir de 270 °C, on a une décomposition spontanée du bois, c'est une réaction rapide et exothermique. Une partie de la biomasse est carbonisée et la majeure partie des goudrons et acides pyroligneux sont libérés (produits condensables aromatiques, comme phénols, crésols, vanilline attribuée à la dégradation de la lignine) et des gaz combustibles caractéristiques de la décomposition des produits primaires apparaissent (H<sub>2</sub>, CO, CH<sub>4</sub>).
- **Étape 4 refroidissement** : à partir de 300-320 °C, formation du charbon de bois dont l'origine est principalement la lignine. S'il n'y a pas de nouvel apport de chaleur extérieure le processus s'arrête de lui-même et la température baisse pour atteindre 0 °C [37].

#### II.4.L'activation

L'activation se déroule généralement selon deux processus : elle peut être physique ou chimique :

##### ❖ 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<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>), la potasse (KOH) et le chlorure de zinc (ZnCl<sub>2</sub>). 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 [38].

**❖ 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 [39].

# Chapitre III

## Partie Expérimentale



---

## Chapitre III

### Partie expérimentale

#### III. Introduction

Le charbon actif est généralement fabriqué à partir de déchets agricoles ou de biomasse. La biomasse est un matériau végétal produit par un processus s'appelé photosynthèse, qui définit par la réaction entre le dioxyde de carbone dans l'air, l'eau, et la lumière du soleil. Ce chapitre consiste à la partie expérimentale, qui comporte à valoriser les résidus agricoles de palmiers dattiers (feuille de palmiers –Djerrid) résultant du processus de taille, qui est connu comme l'élimination des frondes sèches, ces feuille de palmiers –Djerrid nous avons l'intention de l'exploiter et de transforme a un matériau adsorbant utiliser pour les procédés d'adsorptions. Le charbon actif (adsorbant) est préparer à partir des feuilles de palmier dattier (Djerrid), et utilise pour le traitement par le procédé d'adsorption. Le processus de fabrication du charbon actif est comme suite :

#### III.1.Matière première et carbonisation

##### III.1.1.Préparation de la matière première

Une quantité de récoltes trouvées comme restes de palmiers dattiers a été collectée dans l'un des champs agricoles de la région D' OULED DJELLAL Figure 1. Et Figures III. 2, située dans le sud-est de l'Algérie.



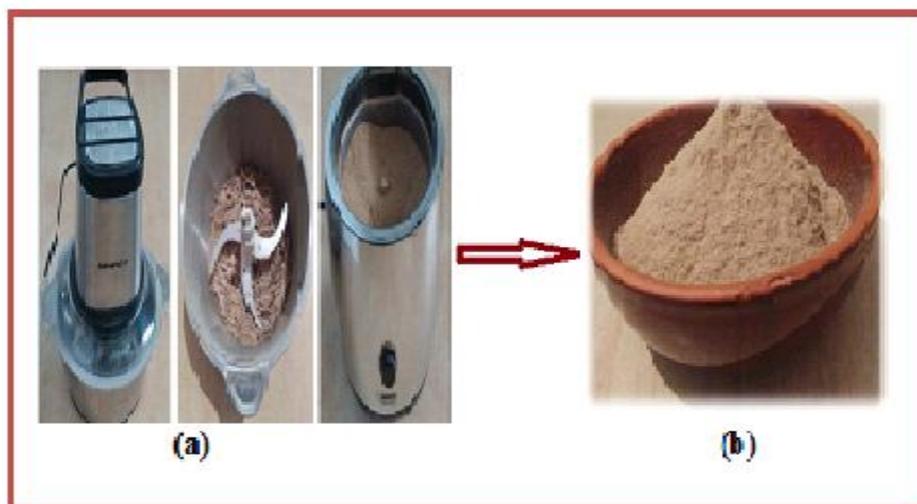
**Figures III.1.** Présente l'arbre de palmier dattier. **Figures III.2.** Présente les feuilles de palmier dattier.

Les feuilles de palmiers collectés passent à un procédé de lavage avec de l'eau pour éliminer toutes les impuretés accumulées dans les feuilles palmiers, puis ont laissées sécher à l'air libre pendant 48 heures comme indiqué sur la figure III.3



**Figures III.3.** Processus de lavage des feuilles de palmier (a) et après séchage à l'air libre (b)

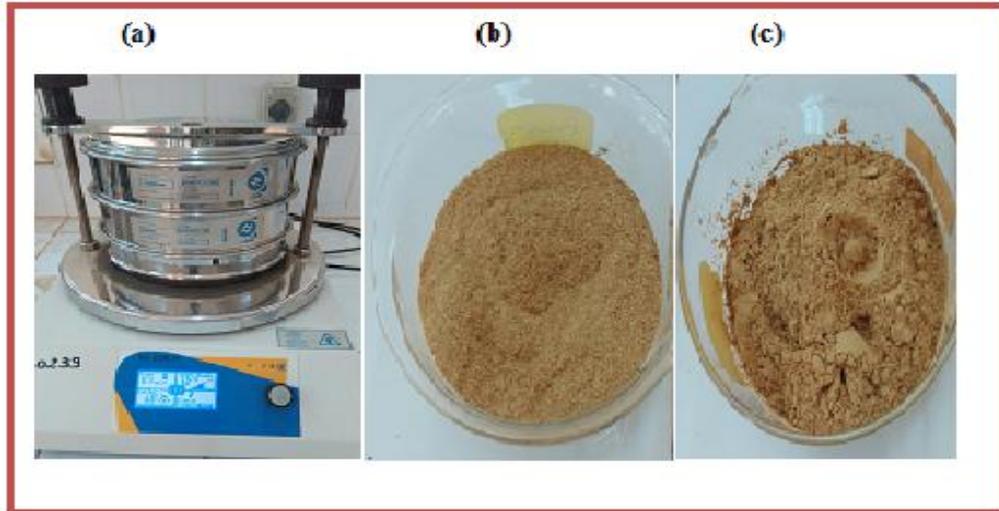
Une fois les feuilles de palmier séchées, coupées et broyer avec un broyeur électrique (a) illustré sur la figure III.4.



**Figures III.4.** Processus de broyeur électrique (a), Poudre de feuilles de palmier dattier (b).

Après le processus de broyage, une masse de 486 grammes tamis pour obtenir une poudre de deux tailles différents ( $63\ \mu\text{m}$  et  $1\ \text{mm}$ ) on obtient donc une masse de 72,64g d'une

poudre de 63  $\mu\text{m}$  de diamètre et une masse de 408,25g d'une poudre de 1 mm diamètre (Figures III.5). Le tamiseur (a), poudre de feuilles de palmier d'un diamètre de 1 mm (b) et poudre de feuilles de palmier d'un diamètre de 63 $\mu\text{m}$ (c).



**Figures III .5 : Présente le procédé de tamisage**

### **III.1.2.Fabrication du charbon actif**

La fabrication de notre charbon actif ce fait par deux parties pour avoir l'influence de quelque paramètre sur l'efficacité d'adsorption du l'acide acétique (éthanoïque) sur charbon actif.

- Première partie (01) consiste à étudier l'effet du diamètre de la poudre du charbon actif ,et les l'effet des activants sur la capacité d'adsorption tels que : Bio-activant (l'eau, et le sel naturel) et les activants industriels (NaCl et carbonate de sodium  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ).
- Deuxième partie (02) consiste à étudier la méthode de fabrication de bio-charbon avec Bio-activant tels que l'eau et le sel naturel d'El-outaya (W.de Biskra).

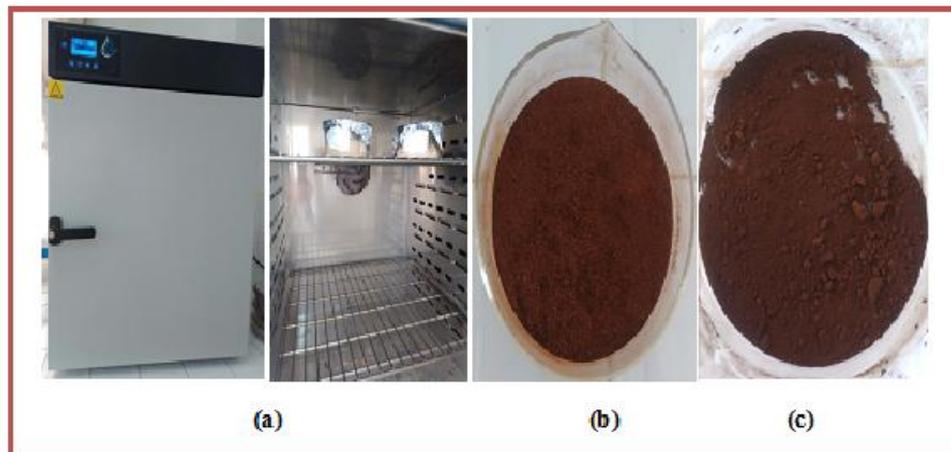
#### **III.1.2.1. première partie**

La préparation du charbon actif passe par les étapes suivantes :

##### **a-Pré-carbonisation des feuilles de palmier**

une masse de 50 g la matière première préparé d'un échantillon de poudre de feuilles de palmier d'un diamètre de 1 mm, et de 63 microns, puis les deux échantillons ont été

recouverts d'une feuille d'aluminium et mis en un dessiccateur à une température de 110 °C pendant 4 heures, puis, élevant la température à 200°C pendant 3 heures, finalement on obtient une substance sèche de couleur brun clair uniforme. Comme le montre la figure Figures III.6, (a) Étuve, (b) Poudre de feuilles de palmier d'un diamètre de 1 mm après traitement thermique(Pré-carbonisation) à une température de 200°C, et (c) poudre de feuilles de palmier d'un diamètre de 63 µm après traitement thermique(Pré-carbonisation) à une température de 200°C.



**Figures III.6 : Procédé de Pré-carbonisation des feuilles de palmier**

#### **b- Préparation des solutions d'activations (activant)**

Une solution de chlorure de sodium naturel (NaCl) à une concentration( $C= 20 \text{ g / l}$ ), chlorure de sodium (NaCl) à( $C= 20 \text{ g / l}$ ), et une solution de carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) à ( $C= 20 \text{ g / l}$ ), On pèse une masse de 10 g de sel NaCl et on la met dans un flacon d'une capacité de 500 ml, on ajoute une quantité de 500 ml d'eau distillée avec agitation, jusqu'à obtenir une solution homogène, répétons le même processus pour le carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) et une solution de chlorure de sodium naturel (NaCl).

#### **c-Carbonisation avec activation**

La fabrication du charbon actif à partir des déchets agricole comme les feuille de palmiers ce fait par activation naturel (bio-activation) comme : L'eau, chlorure de sodium de la région d'El-outaya (W.de Biskra), et des activants non naturel comme : chlorure de sodium( $\text{NaCl}$ )(VWR PROLABO CHELICALS)et carbonate de sodium  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ (Cheminova international).

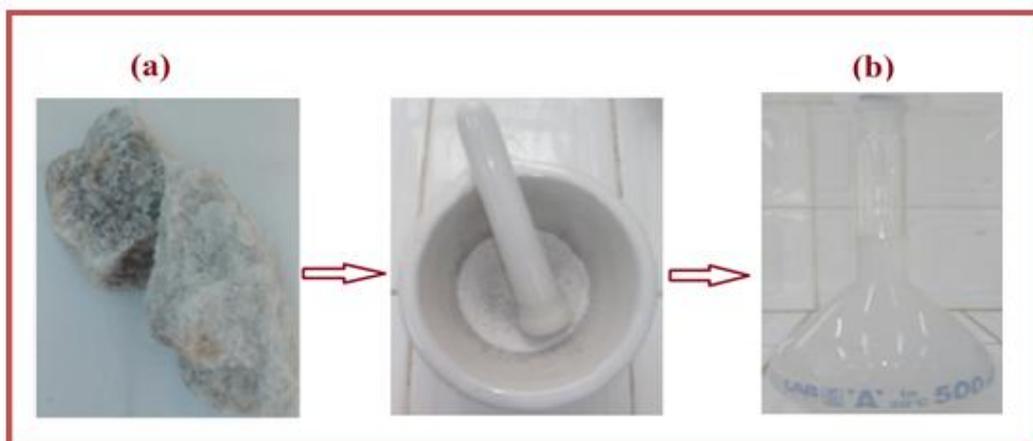
#### **c-1-Carbonisation avec activation par l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ )**

Peser 10 g de bio-charbon poudre (pré-carbonisation) extrait à partir des feuilles palmiers trempé dans 23 ml d'eau ( $H_2O$ ) avec une agitation de 15 minutes, suite par un séchage de 30 minutes à une température de  $110^{\circ}C$ . Après l'échantillon passe à un traitement thermique pendant 30 minutes à  $200^{\circ}C$ , finalement, cuit au four à une température de  $600^{\circ}C$  pendant quatre heures, avec des dimensions de  $63\ \mu m$  et 1 mm.

### c-2-Carbonisation et activation

Carbonisation et activation avec des activants tels que : par chlorure de sodium NATUREL, chlorure de sodium ( $NaCl$ ), et carbonate sodium ( $Na_2CO_3$ ) (Cheminova international).

10 g de bio-charbon poudre (pré-carbonisation) extrait et par des feuilles palmiers trempé de trempé dans 24 ml de chlorure de sodium ( $NaCl$ ), avec une agitation de 15 minutes. Ensuite, séchage à une température de  $110^{\circ}C$  pendant 30 minutes. L'échantillon passe à un traitement thermique pendant 30 minutes à  $200^{\circ}C$ , finalement, cuit au four à une température de  $600^{\circ}C$  pendant quatre heures. Le processus est répété avec du chlorure de sodium naturel dans un volume de 21 ml et également pour du carbonate de sodium dans un volume de 20 ml, avec des dimensions de  $63\ \mu m$  et 1 mm.



**Figures III.7 :** Chlorure de sodium NATUREL (a), et solution de chlorure de sodium naturel ( $C=20g/l$ ) (b)



**Figures III.8 :** Four à moufle utilisé dans l'activation du bio-charbon [four a été fourni par le Dept Mécanique de l'Université de Biskra]

**d-.Lavage de charbon actif (adsorbant)**

Après carbonisation à 600 °C pendant 4 heures, on lave le charbon actif (adsorbant) avec une solution de HCl 0.1 N, et avec de l'eau distillée chaude jusqu'à ce que la valeur du pH soit de 6,94 séché à 110 °C, avec des dimensions de 63  $\mu\text{m}$  et 1 mm.

**III.1.2.2. Deuxième partie**

Dans cette partie, nous cherchons à préparer un bio-charbon par activation naturelle (eau et chlorure de sodium naturel) de deux manières différentes.

**a) La première méthode**

1. On pèse 50 g de poudre de feuille de palmier 63  $\mu\text{m}$
2. Laver avec de HCl 0,1N chaude (70-80 °C) pendant deux heures, puis avec de l'eau distillée chaude jusqu'à ce que la valeur du pH soit de 4,36.

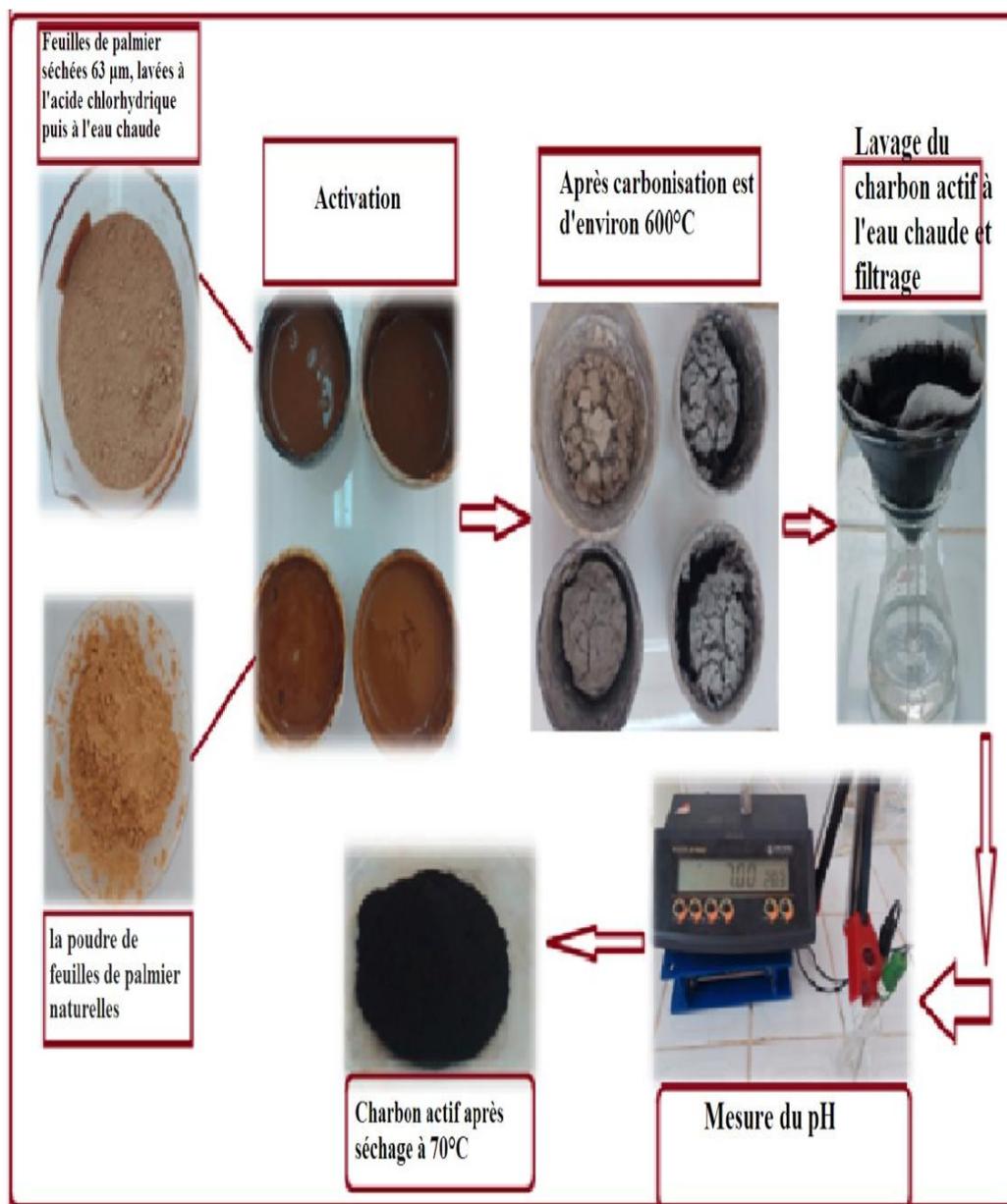


**Figures III. 9** : Présente le procédé de lavage du bio adsorbant (bio-charbon).

3. Séchage au four à 80°C pendant 24 heures.
4. Carbonisation avec activation : Carbonisation avec activation par l'eau (H<sub>2</sub>O) et chlorure de sodium NATUREL : Nous pesons 15 g de poudre de feuille de palmier obtenue après le processus de lavage à l'acide chlorhydrique et de séchage et la trempons dans 35 ml d'eau distillée, puis la mettons au four à une température de 600°C pendant 4 h, nous répétons le même processus avec chlorure de sodium naturel.
5. Lavage au charbon actif (charbon actif) : Après carbonisation à 600°C pendant 4 heures, puis lavé à l'eau distillée chaude jusqu'à pH= 6.75 et séché à 70°C.

**b) La deuxième méthode**

- 1) Pour connaître la valeur du pH de la poudre de feuilles de palmier naturelles, nous pesons une masse de 0,1 g de celle-ci et la mélangeons avec un volume de 260 ml d'eau distillée. Ensuite, il est placé dans l'agitateur programmé à une vitesse d'agitation de 150 Tr/Min (JAR TESTE) pendant 30 minutes. Ensuite, nous le filtrons et mesurons la valeur du pH, nous obtenons pH = 6,66.
- 2) Carbonisation avec activation : Carbonatation avec activation avec de l'eau (H<sub>2</sub>O) et du chlorure de sodium naturel : Nous pesons 19g de poudre de palme naturelle et la trempons dans 35 ml d'eau distillée puis la mettons au four à une température de 600 °C pendant 4 heures, nous répétons le même processus avec du chlorure de sodium naturel.
- 3) Lavage de charbon actif (carbone activé) : Après carbonisation à 600 °C pendant 4 heures, puis lavé avec une solution de HCl 0.1 N, puis avec de l'eau distillée chaude jusqu'à ce que la valeur du pH soit de 7.0 et séché à 70 °C.



**Figures III. 10 : Schéma résumant le processus de préparation du charbon actif.**

### III.2. Spectroscopie Infra Rouge

L'analyse Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier utilisée pour l'identification des fonctions organique dans l'intervalle de la longueur d'onde de  $4000-400\text{ cm}^{-1}$ , Procédé de l'analyse la technique utilise dans le laboratoire utilisant la technique de la pastille KBr sous haute pression. bio-charbon actif préparé à partir de feuilles de palmier sur spectroscopie FT-IR type (IRTF) 8400-SHIMADZU du département des Sciences des matériaux, Laboratoires de chimie, Université de Biskra.



Figure III.11 : L'appareil utilisé pour l'analyse du bio-charbon actif provient des équipements du Laboratoire de chimie, Université de Biskra.

### III.3. Adsorption

#### ✚ première partie

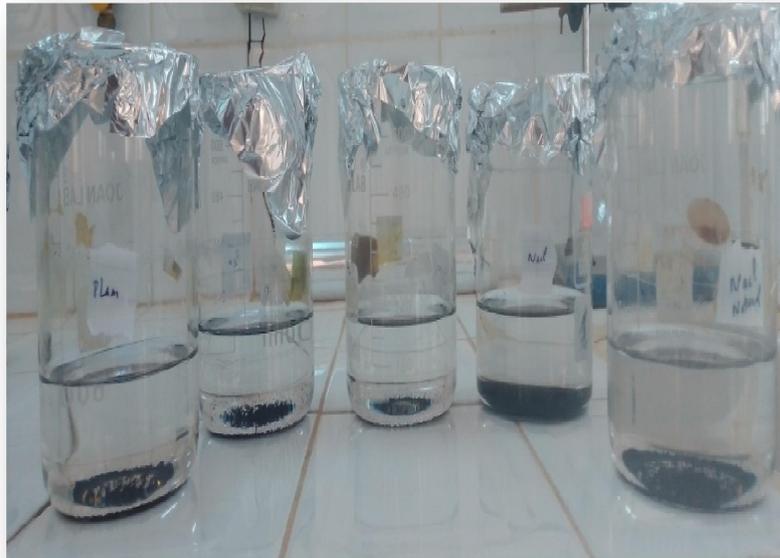
- Peser 0,1g de bio-charbon actif après traitement par différents activateurs et sans activateur (sans activateur,  $H_2O$ , NaCl local, NaCl industriel,  $Na_2CO_3$ ).
- Puis 200 ml d'acide acétique à une concentration de 30mg/L sont ajoutés. Ensuite, il est placé dans l'agitateur programmé à une vitesse d'agitation de 150 Tr/Min (JAR TESTE) pendant 30 minutes.



**Figures III.12 :** JAR TESTE et tableau de programmation montre la vitesse d'agitation. [Ce (JAR TESTE) provient de l'équipement du laboratoire du Département de Chimie Industrielle, Faculté des Sciences et Techniques, Université de Biskra].

## c) séparation et filtration

Après l'agitation pendant 30min on laisse les échantillons pour la décantation les échantillons ont été passés au procédé de filtration en utilisant le papier filtre. Ensuite on détermine de nouveau la concentration résiduelle d'acide acétique de ( $C_e$ ) dans le liquide claire (filtre).



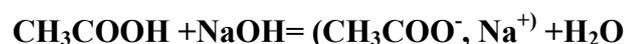
**Figure III.13 :** Une image montrant la précipitation de charbon actif à partir d'une solution d'acide acétique après agitation.

**d) Dosage :** les solutions de l'acide acétique (liquide claire) compris la solution initiale  $C_0$  sont dosées, à l'aide d'une pipette on prend un volume de la solution acide  $V_{\text{acide}} = 5\text{ml}$ , on lui ajoute 4 à 5 gouttes de phénophtaléine (la solution est incolore), on titre au moyen de la solution de soude à ( $C_{\text{Base}} = 20\text{mg/L}$ ) jusqu'à l'obtention de la coloration rose pâle.

**e)**  $V_{\text{Base}}$  est le volume chuté de la soude.

**f)** Nous répétons les mêmes étapes pour la deuxième partie.

- L'acide éthanóïque est un acide faible de formule  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (référence lab : PROLABO 12, rue F75011 Paris), il réagit avec les ions hydroxydes pour donner l'ion éthanoate ( $\text{CH}_3\text{COO}^-$ ) qui est une base faible et de l'eau suivant l'équation :





**Figures III.14** : Schéma du dosage acido-basique de l'acide acétique.

- Au point équivalent la concentration de l'acide est :

$$C_{\text{acide}} * V_{\text{acide}} = C_{\text{base}} * V_{\text{base}}$$

$$C_e = C_{\text{acide}} = \frac{C_{\text{base}} * V_{\text{base}}}{V_{\text{acide}}}$$

- La détermination de la quantité d'acide acétique adsorbée par unité masse de solide est donnée par :

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e) * V}{m}$$

$Q_e$  : quantité adsorbée du composé étudié par gramme de charbon actif (mg/g ou mol/g).

$C_0$  : concentration initiale du composé étudié (mol/l ou mg/l).

$C_e$  : concentration résiduelle.

$V$  : le volume de l'acide acétique (solution contacte).

- Les résultats peuvent être exprimés en pourcentage d'élimination comme indiqué

par la formule suivante :

$$R\% = \frac{(C_0 - C_e)}{C_0}$$

# Chapitre IV

## Résultats et discussion



## Chapitre IV

### Résultats et discussion

Dans ce chapitre consiste à déterminer l'influence des paramètres agissant sur la fabrication du charbon actif (CA) et le bio-charbon actif (BCA), à laquelle les résultats sont présentés de deux parties.

#### IV.1. L'influence des paramètres physico-chimique

D'après l'expérience dans la première partie que nous avons étudiée quel que paramètre qui influence sur l'adsorption du polluant l'acide acétique sur charbon actif, dans cette partie on étudie l'influence des dimensions des particules, la perte de masse durant l'activation du charbon, et les effets des activateurs naturels ( $H_2O$  et  $NaCl$ ) et non naturels ( $Na_2CO_3$ ) sur la fabrication du charbon.

##### IV.1.a-Effet de la dimension des particules sur la perte de masse du charbon actif (CA)

D'après les résultats obtenus qui sont présentés dans le tableau IV.1, on peut dire que la disparition de masse du charbon durant l'activation dépend de la dimension des particules du charbon. Donc le diamètre ou la dimension de  $63\mu m$  est meilleur que le diamètre de 1 mm en termes de la disparition de la masse. Aussi la perte de masse du charbon actif après lavage perd une masse due au procédé de la filtration et de la décantation tableau IV .2.

**Tableau IV .1** : La masse du charbon actif (CA) obtenue après carbonisation du charbon.

T (°C)	600	
Masse initiale	10 g	
Diamètre	63 $\mu m$	1mm
	m (g)	
$H_2O$	3.23	2.52
$NaCl$	3.71	3.18
$NaCl(NATUREL)$	3.09	2.12
$Na_2CO_3$	3.60	2.89

<b>Charbon brut (sans activant)</b>	2.74	2
-------------------------------------	------	---

**Tableau IV .2 :** Présente la masse charbon actif (CA) obtenue après lavage et séchage.

<b>Diamètre</b>	<b>m (g)</b>	
	<b>63µm</b>	<b>1mm</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	2.75	2.10
<b>NaCl</b>	2.60	2.52
<b>NaCl(NATUREL)</b>	2.44	1.53
<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	3.15	2.19
<b>Charbon brut (sans activant)</b>	2.22	1.32

#### IV.1. b- L'effet des activant naturels et non naturels sur l'adsorption

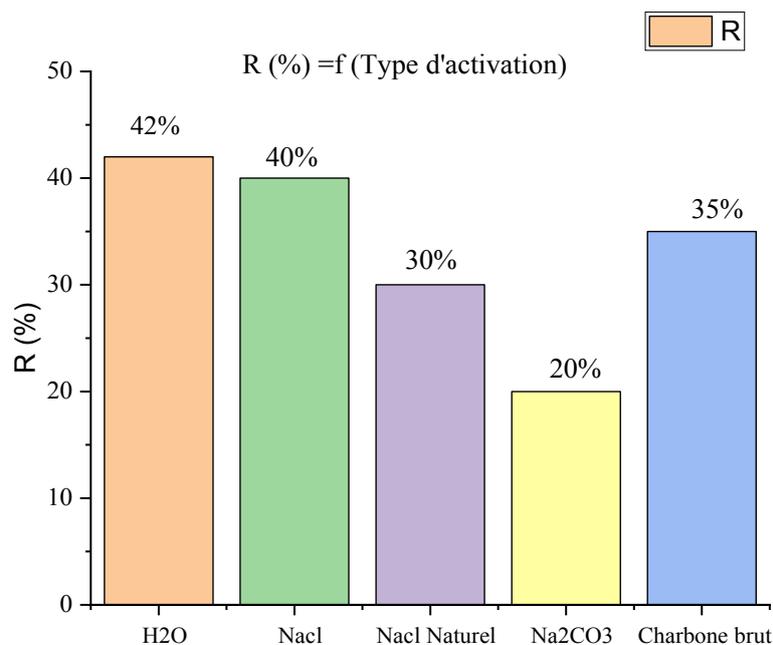
Les essais d'adsorption du l'acide acétique sur charbon actif, montre l'effet des activant naturels ou non naturels, une meilleur capacité d'adsorption  $q_e$  pour H<sub>2</sub>O, NaCl, NaCl(NATUREL), et Carbonate de sodium Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> comme présenter dans le Tableau IV.3, avec un rendement de 42% pour L'eau (H<sub>2</sub>O), 30% NaCl (NATUREL) ( Figure IV.1).

**Tableau IV.3 :** les résultats d'adsorption l'acide acétique du sur charbon actif préparé à partir des feuilles de palmiers datte.

<b>Activant</b>	<b>première partie</b>				
	<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>NaCl</b>	<b>NaCl (NATUREL)</b>	<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub></b>	<b>Charbon brut (sans activant)</b>
<b>Diamètre</b>	<b>63µm</b>				
<b>Temps (min)</b>	30				
<b>Masse du CA (g)</b>	0.1				
<b>C<sub>0</sub></b>	30mg/l				
<b>V<sub>base</sub>(ml)</b>	2,9	3	3,5	4	3,25

<b>Ce (mg/L)</b>	17,4	18	21	24	19,5
<b>qe(mg/g)</b>	25,2	24	18	12	21,6
<b>R (%)</b>	42	40	30	20	35

**Figure IV .1** : l'effet des activants sur le rendement d'adsorption de l'acide acétique sur charbon actif.



- On note que le charbon actif à l'eau (Bio-charbon actif) a un rendement élevé par rapport au charbon actif de sans activation, NaCl ordinaire, NaCl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>.
- ❖ Dans la deuxième partie on travail sur les conditions propre, dure, Bio et renouvelable qui sont l'eau (H<sub>2</sub>O), et le sel naturel (NaCl ordinaire). Et avec la dimension de 63μm.

**Tableau IV.4** : La masse obtenue après carbonisation du bio-charbon actif (BCA).

<b>T (°C)</b>	<b>600</b>	
<b>Diamètre</b>	<b>63μm</b>	
<b>Masse initiale (g)</b>	<b>15</b>	<b>19</b>
	<b>m(g)</b>	
<b>Deuxième partie</b>	<b>(a)</b>	<b>(b)</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	3.12	6.06

<b>NaCl(NATUREL)</b>	4.65	6.79
----------------------	------	------

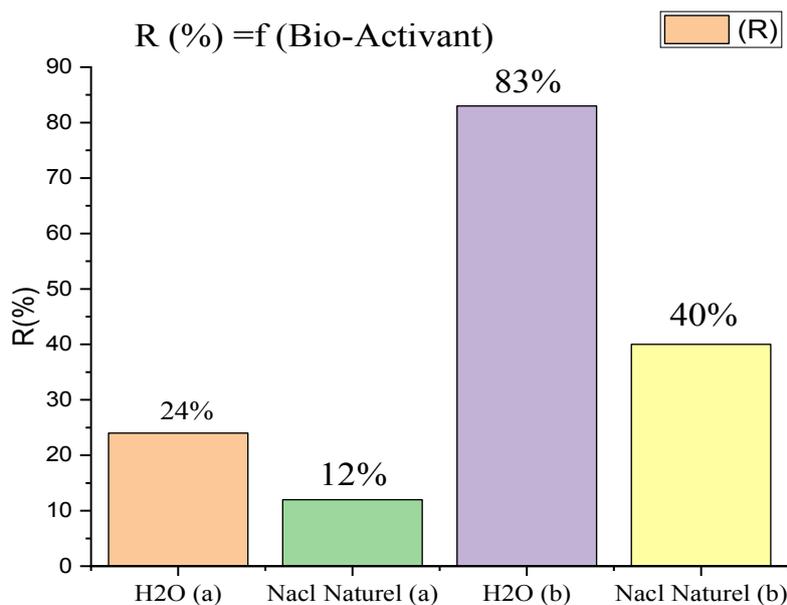
- Nous notons que la disparition de la masse est liée au type d'activation, de sorte que nous constatons que l'activation avec du NaCl (NATUREL) est meilleure que l'activation avec de l'eau en termes de disparition de masse.

**Tableau IV.5 :** Masse obtenue bio-charbon actif après lavage et séchage.

<b>m (g)</b>		
<b>Diamètre</b>	<b>63µm</b>	
<b>Deuxième partie</b>	<b>(a)</b>	<b>(b)</b>
<b>H<sub>2</sub>O</b>	2	5.59
<b>NaCl(NATUREL)</b>	3.76	5.95

**Tableau IV.6 :** les résultats d'adsorption du l'acide acétique sur bio-charbon actif préparé à partir des feuilles de palmiers datte.

Deuxième partie	(a)		(b)	
	<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>NaCl (NATUREL)</b>	<b>H<sub>2</sub>O</b>	<b>NaCl (NATUREL)</b>
V <sub>B</sub>	3,8	4,4	0.85	3
Ce (mg/l)	22,8	26,4	5,1	18
q <sub>e</sub> (mg/g)	14,4	7,2	49,8	24
R (%)	24	12	83	40

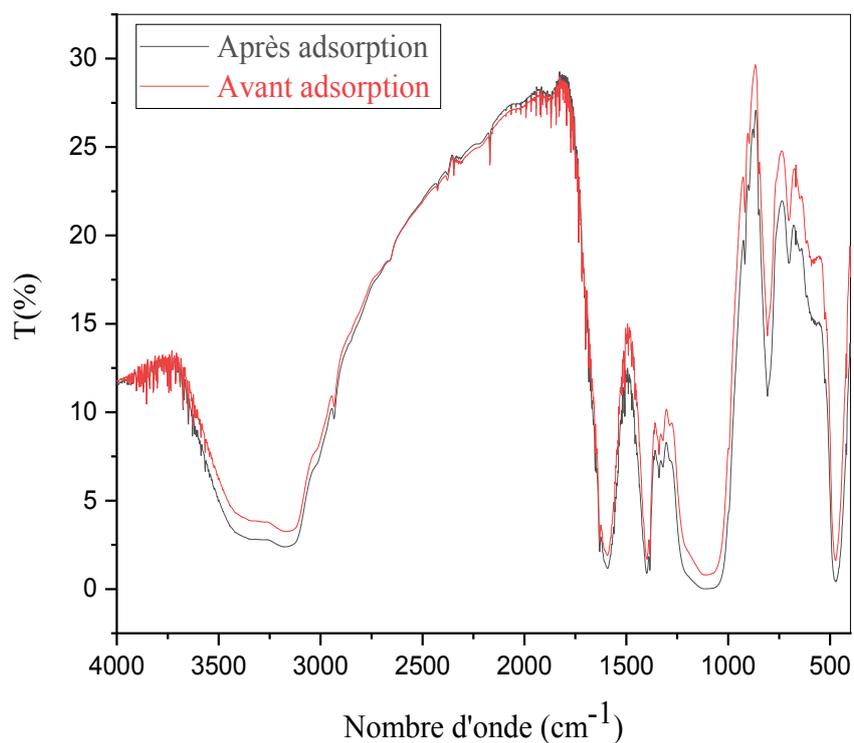


**Figure IV.2 :** l'effet des bio-activant sur le rendement d'adsorption du l'acide acétique sur bio-charbon actif (BCA).

- En comparant la première et la seconde méthode, on constate que le bio-charbon actif dans la seconde méthode (b) a une bonne efficacité par rapport au bio-charbon actif préparé dans la première méthode (a) pour chacun des types d'activation (H<sub>2</sub>O, NaCl ordinaire).
- ❖ le bio-charbon actif activé par un bio-activant qui est l'eau (H<sub>2</sub>O(b)) dans la deuxième méthode (b) est meilleur en termes d'efficacité d'adsorption, puisque son rendement est de 83% et la capacité d'adsorption est de 49,8 mg/g.
- ❖ À partir dès première partie et deuxième partie, nous étudions le bio-charbon actif à l'eau (H<sub>2</sub>O) préparé dans première partie et le bio- charbon actif à l'eau dans deuxième partie (H<sub>2</sub>O(b)).

## IV.2 .Analyse Spectroscopie Infra Rouge (FTIR) pour Bio-charbon actif (BCA)

### 🚦 Première partie

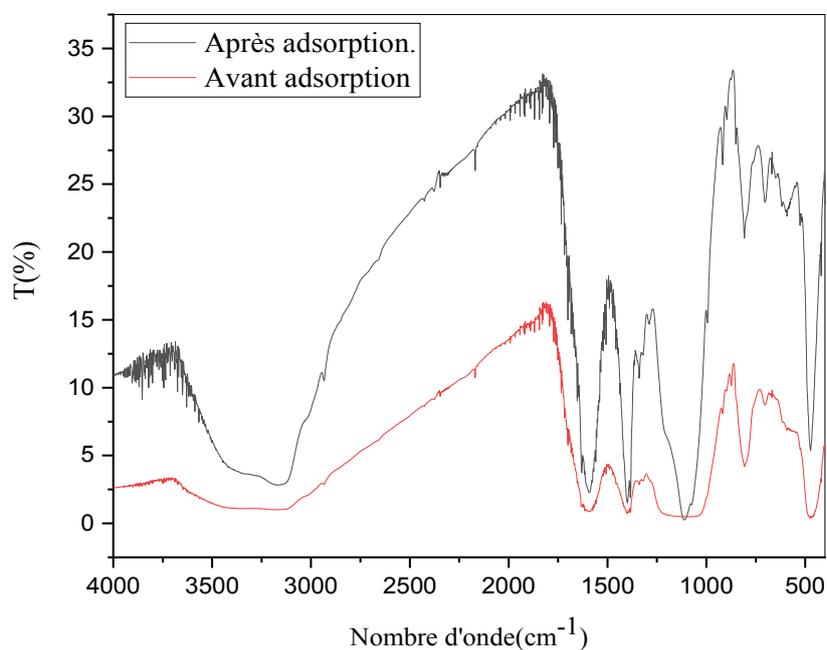


**Figure IV.3 :** Présente le spectre infrarouge du bio-charbon actif (BCA) à l'eau (H<sub>2</sub>O) pour première partie avant et après adsorption.

**Tableau IV.7 :** Analyse par spectroscopie infrarouge bio-charbon actif (BCA) à l'eau (H<sub>2</sub>O) pour première partie avant et après adsorption.

Bio -Charbon actif (H <sub>2</sub> O)	Liaison	Nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )
Avant et après adsorption.	C-I	479-500
	C-Br	500-750
	C-H aromatique	800-860
	C-C	1000-1250
	O-H	1260-1410
	C-H(CH <sub>3</sub> )	1370-1390
	N-H amine ou amide	1560-1640
	C ≡ C	2100-2260
	O-H	3000-3500
	C=O/ C=C	1600-1700
	Après adsorption	O-H acide carboxylique

✚ Deuxième partie



**Figure IV.4 :** Présente le spectre infrarouge du bio-charbon actif (BCA) à l'eau (H<sub>2</sub>O (b)) pour deuxième partie avant et après adsorption.

**Tableau IV. 8 :** Analyse par spectroscopie infrarouge bio-charbon actif (BCA) à l'eau (H<sub>2</sub>O(b)) pour deuxième partie avant et après adsorption.

Bio -Charbon actif (H <sub>2</sub> O(b))	Liaison	Nombre d'onde (cm <sup>-1</sup> )
Avant et après adsorption	C-I	479-500
	C-Br	500-750
	C-H	800-860
	C-C	1000-1250
	O-H	1260-1410
	N-H amine ou amide	1560-1640
	C ≡ C	2100-2260
	C=O/ C=C	1600-1700
Après adsorption	O-H acide carboxylique	2500-3200
	O-H	3000-3500

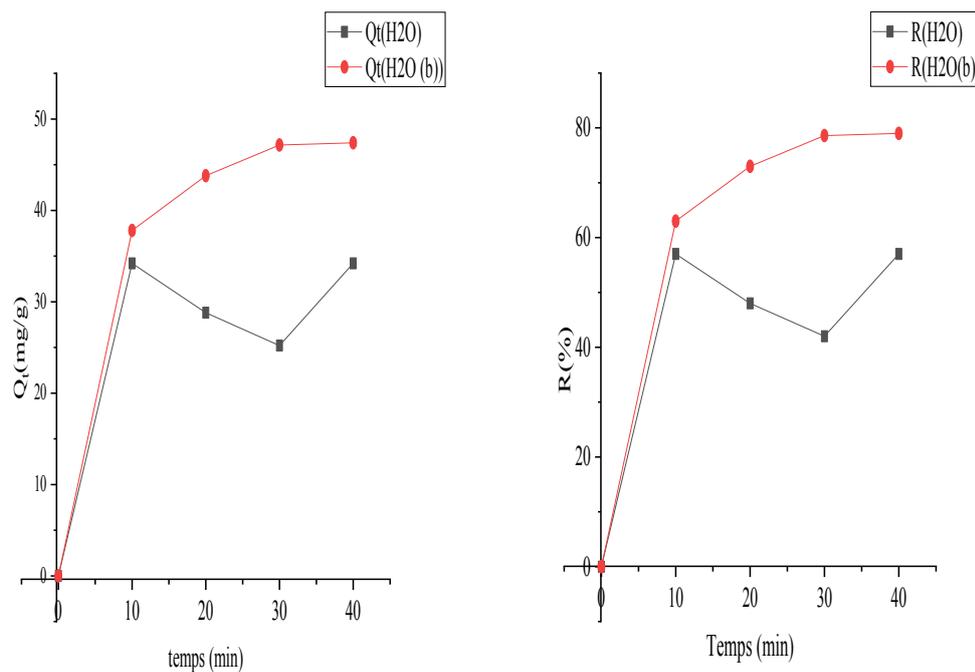
### IV. 3. Etude paramétrique de l'adsorption

#### 1) Effet de temps d'agitation sur l'adsorption du l'acide acétique sur le (BCA)

Le but de l'effet du temps de contact est d'atteindre le temps d'équilibre. Pour cela, nous étudions l'adsorption du bio-charbon actif avec de l'eau (H<sub>2</sub>O) et (H<sub>2</sub>O(b)) dans un groupe de solutions d'acide acétique de concentration initiale de 30mg/g et d'un volume de 200 ml à différents temps et à température constante. (Masse du bio-charbon actif constant 0.1 g, vitesse d'agitation 150 tr/min, C<sub>0</sub>= 30mg/l) et pH<sub>l'acide acétique</sub>=pH<sub>i</sub>=4,12).

Tableau IV.9 : Effet du temps d'agitation sur l'adsorption du (BCA) sur l'acide acétique.

Première partie	Bio-Charbon active (H <sub>2</sub> O)			
Diamètre	63µm			
Temps (min)	10	20	30	40
Masse BCA (g)	0.1			
C <sub>0</sub>	30(mg/L)			
V <sub>b</sub> (ml)	2.15	2.6	2.9	2.15
Ce (mg/L)	12,9	15.6	17.4	12,9
q <sub>t</sub> (mg/g)	34,2	28,8	25,2	34,2
R (%)	57	48	42	57
pH <sub>f</sub>	6.43	6.84	6.62	6.31
Deuxième partie	Bio-Charbon active(H <sub>2</sub> O (b))			
V <sub>b</sub> (ml)	1,85	1,35	1,07	1,05
Ce (mg/L)	11,1	8,1	6,42	6,3
Q <sub>t</sub> (mg/g)	37,8	43,8	47,16	47,4
R (%)	63	73	78,6	79
pH <sub>f</sub>	6.52	6,60	6.68	6.53



**Figures IV.5 :** Effet du temps d'agitation sur la performance d'adsorption de l'acide acétique sur bio-charbon(BCA) ( $C_0 = 30\text{mg/L}$ ,  $\text{pH}_i = 4,12$ ,  $T = 29^\circ\text{C}$ ).

D'après la figure IV.5 : on note que pour le charbon actif à l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ), au début, la vitesse d'adsorption était très rapide pendant les dix premières min de sorte que la quantité d'adsorption a atteint ( $34,2\text{mg/g}$ ), puis elle a commencé à diminuer jusqu'au temps de 30 min de sorte que la quantité d'adsorption a atteint ( $25,2\text{mg/g}$ ) puis nous notons que la quantité d'adsorption augmente à nouveau jusqu'à ce qu'elle atteigne la valeur la plus élevée est ( $34,2\text{mg/g}$ ) à la fois des 40 min. Le processus d'adsorption dans la première période est de 0 à 10 min et dans le temps de 30 à 40 min est rapide du fait de l'accumulation d'acide acétique à la surface du matériau adsorbant.

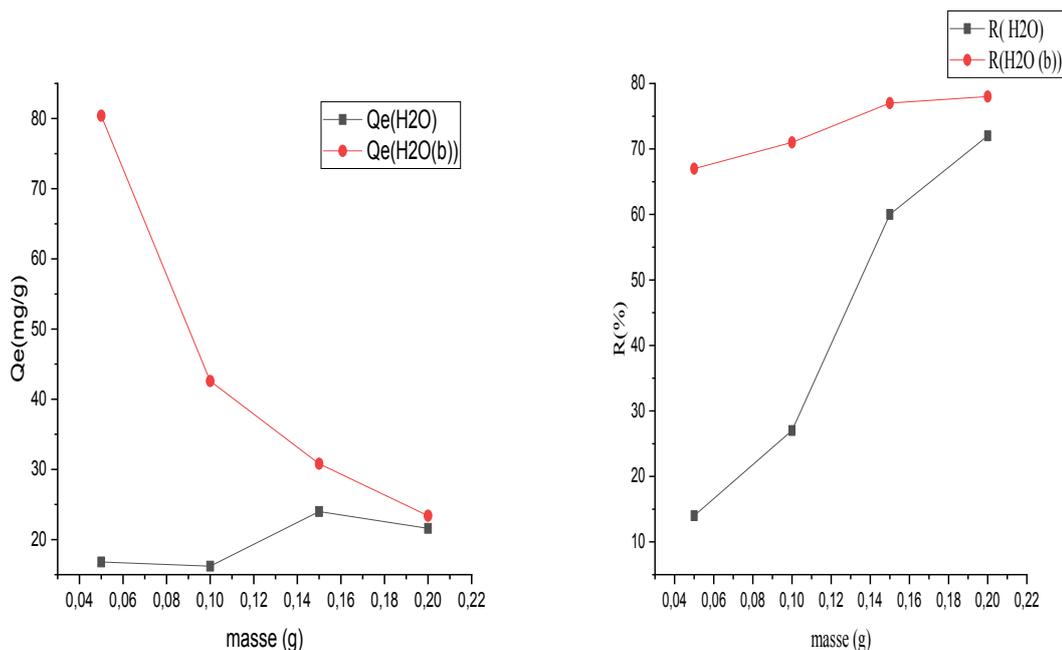
D'après la figures IV.5, nous remarquons que la quantité d'adsorption augmente avec l'augmentation du temps d'agitation pour le charbon actif à l'eau pour ( $\text{H}_2\text{O}(b)$ ) de sorte que la valeur la plus élevée atteint ( $47,4\text{ mg/g}$ ) au temps 40 min, de sorte que nous remarquons qu'au début la vitesse d'adsorption était rapide puis a commencé à diminuer progressivement jusqu'au temps d'équilibre estimé à 30 min, le processus d'adsorption est considéré dans la première période est rapide en raison de l'accumulation d'acide acétique à la surface du matériau adsorbant.

## 2) Effet de masse d'adsorbant

Pour étudier l'effet de la masse sur le phénomène d'adsorption, on prépare 4 échantillons de solution d'acide acétique d'un volume de 200 ml, chaque échantillon avec une masse différente de charbon actif à l'eau (0,05 g, 0,1 g, 0,15 g, 0,2 g) et à une température constante. (vitesse d'agitation 150 t/min,  $C_0 = 30 \text{ mg/l}$ , temps d'agitation 30 min). Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau IV.10.

**Tableau IV.10 : Effet de masse d'adsorbant.**

<b>Première partie</b>	<b>Bio-Charbon active(BCA) a (H<sub>2</sub>O)</b>			
<b>Diamètre</b>	<b>63µm</b>			
<b>Temps (min)</b>	<b>30</b>			
<b>Masse BCA (g)</b>	0.05	0.10	0.15	0.20
<b>V<sub>b</sub>(ml)</b>	4,3	3,65	2	1,4
<b>C<sub>e</sub> (mg/L)</b>	25,8	21,9	12	8,4
<b>q<sub>e</sub>(mg/g)</b>	16,8	16,2	24	21,6
<b>R (%)</b>	14	27	60	72
<b>pH<sub>f</sub></b>	5.43	5.84	6.25	6,46
<b>Deuxième partie</b>	<b>Bio-Charbon active(BCA) a (H<sub>2</sub>O (b))</b>			
<b>V<sub>b</sub>(ml)</b>	1.65	1.45	1.15	1.1
<b>C<sub>e</sub> (mg/L)</b>	9.9	8.7	6.9	6.6
<b>q<sub>e</sub>(mg/g)</b>	80,4	42,6	30,8	23,4
<b>R (%)</b>	67	71	77	78
<b>pH<sub>f</sub></b>	6.60	6.44	6.56	6.63



**Figures IV.6 :** Influence de la masse du bio-charbon actif (BCA) sur l’adsorption du l’acide acétique sur le BCA ( $C_0 = 30 \text{ mg/L}$ ,  $\text{pH}_i = 4.12$ ,  $T = 29,7 \text{ }^\circ\text{C}$ , temps d'agitation = 30 min).

D'après la figure IV.6 : nous remarquons que l'efficacité d'adsorption augmente avec l'augmentation de la masse de l'adsorbant pour le bio-charbon actif à l'eau (H<sub>2</sub>O) et (H<sub>2</sub>O(b)).

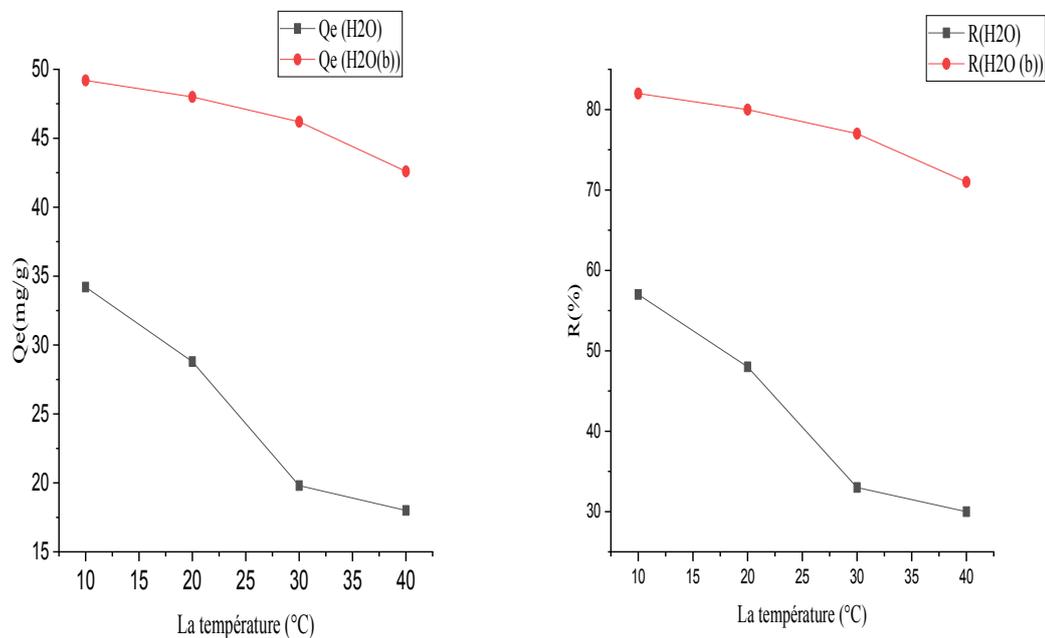
### 3) Effet de la température d’agitation

Pour étudier l'effet de la température sur le phénomène d'adsorption, nous avons préparé échantillons d'une solution d'acide acétique d'un volume de 200 ml, d'une concentration de 30 mg/l, chaque échantillon ayant une masse de 0,1 g de charbon actif (H<sub>2</sub>O) et (H<sub>2</sub>O(b)), il fonctionne à différentes températures (10, 20, 30 et 40°C). (Masse du charbon constant 0.1 g, vitesse d’agitation 150 t/min, Co= 30mg/l).

**Tableau IV.11 :** L'effet de la température sur l'adsorption.

Première partie	Bio-Charbon active(BCA) a (H <sub>2</sub> O)
Diamètre	63µm
Temps (min)	30

Masse BCA (g)	0,1			
La température (°C)	10	20	30	40
V <sub>b</sub> (ml)	2,15	2,6	3,35	3,5
Ce (mg/L)	12,9	15,6	20,1	21
q <sub>e</sub> (mg/g)	34,2	28,8	19,8	18
R(%)	57	48	33	30
pH <sub>f</sub>	5,28	5	5,40	5,41
Deuxième partie	Bio-Charbon active(BCA) a H <sub>2</sub> O (b))			
V <sub>b</sub> (ml)	0,9	1	1,15	1,45
Ce (mg/L)	5,4	6	6,9	8,7
q <sub>e</sub> (mg/g)	49,2	48	46,2	42,6
R (%)	82	80	77	71
pH <sub>f</sub>	6,88	6,98	6,87	7,11



Figures IV.7 : Influence de la température du sur l'adsorption de l'acide acétique sur (BCA).

On remarque sur la figure IV.7 que le pourcentage d'élimination de l'acide acétique diminue progressivement avec l'augmentation de la température, de sorte que nous constatons que la valeur la plus élevée à la fois pour la quantité d'adsorption et le rendement est à la température de 10 ° C pour chacun des bio- charbons actifs à l'eau (H<sub>2</sub>O) estimé à 57%, et pour bio-charbon actif(BCA) a l'eau H<sub>2</sub>O(b) un rendement 82% .Il au meilleur pourcentage 10°C lorsque la température augmente le taux d'adsorption diminue. Ce qui montre que le processus est exothermique et on peut admettre qu'il s'agit d'une physisorption.

#### ➤ Paramètres thermodynamiques

D'une façon générale, le phénomène d'adsorption est toujours accompagné d'un processus thermique qui peut être soit exothermique ( $\Delta H < 0$ ) ou endothermique ( $\Delta H > 0$ ). La mesure de la chaleur d'adsorption  $\Delta H$  est le principal critère qui permet de différencier la chimisorption de la physisorption. La chaleur d'adsorption  $\Delta H$  est donnée par la relation (IV.1) de Gibbs-Helmholtz:

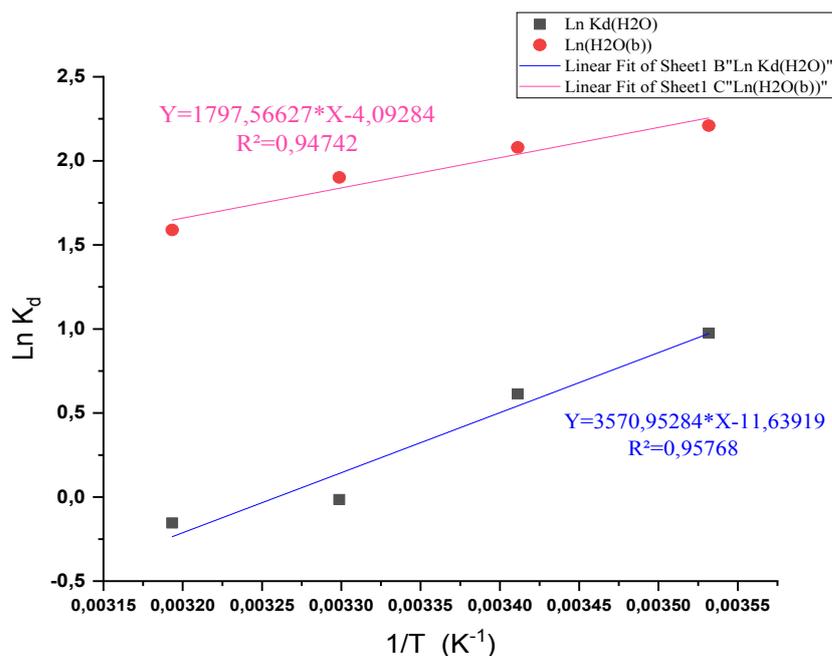
$$\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0 = -RT \ln K_d \quad (\text{IV.1})$$

$$\ln K_d = (\Delta S^0/R) - (\Delta H^0/R) \times 1/T \quad (\text{IV.2})$$

$$K_d = q_e/C_e \quad (\text{IV.3})$$

- ❖  $\Delta G^0$ : Energie libre de Gibbs (KJ.mol<sup>-1</sup>)
- ❖  $\Delta H^0$  : Enthalpie standard d'adsorption (KJ.mol<sup>-1</sup>)
- ❖  $\Delta S^0$  : Entropie standard d'adsorption (J.mol<sup>-1</sup>)
- ❖  $K_d$  : Constante d'équilibre thermodynamique
- ❖ T : Température absolue (K)
- ❖ R : Constante des gaz (J.mol<sup>-1</sup>K<sup>-1</sup>) [40]

Afin de confirmer les constatations précédentes, nous avons procédé à la détermination des paramètres thermodynamiques de ce processus dans l'intervalle de température étudiée en exploitant les données fournies par la régression linéaire de la courbe présentée dans la figure IV.8.



Figures IV.8 : Evolution de ln K<sub>d</sub> en fonction de 1/T

Tableau IV.12 : Paramètres thermodynamiques de l'adsorption du l'acide acétique sur bio-charbon actif (BCA).

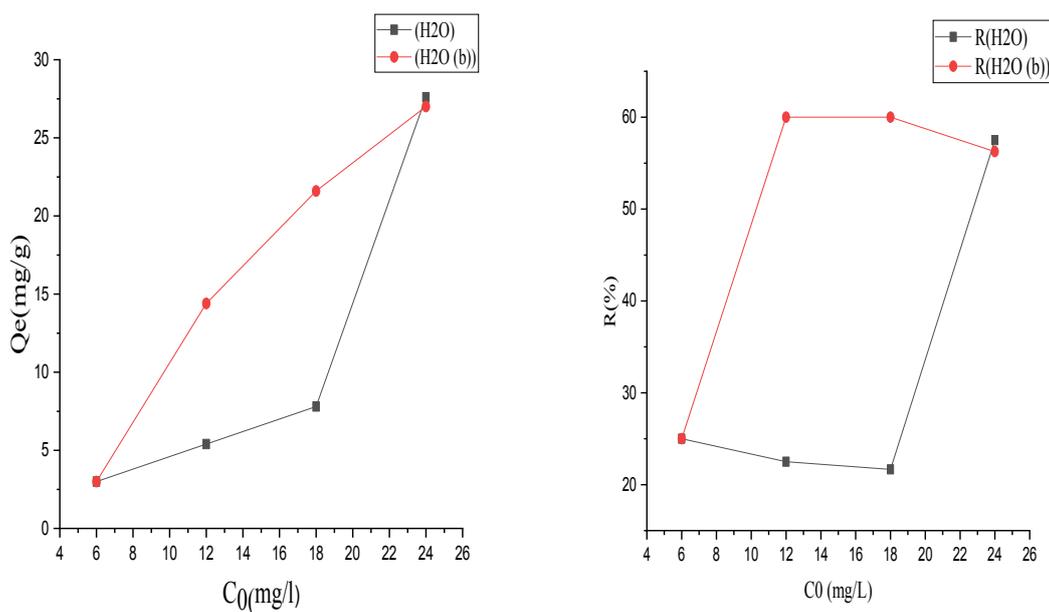
(BCA)	(H <sub>2</sub> O)			
Température (K)	Ln K <sub>d</sub>	ΔS°(J.mol <sup>-1</sup> )	ΔH°(KJ.mol <sup>-1</sup> )	ΔG° (KJ.mol <sup>-1</sup> )
283,15	0,97499833	-96.76822566	-29688.901912	-2295,25245
293,15	0,61310447			-1494,28832
303,15	-0,01503788			37,9013022
313,15	-0,15415068			401,335781
R <sup>2</sup>	0.95768			
(BCA)	(H <sub>2</sub> O (b))			
Température (K)	Ln K <sub>d</sub>	ΔS°(J.mol <sup>-1</sup> )	ΔH°(KJ.mol <sup>-1</sup> )	ΔG° (Kj.mol <sup>-1</sup> )
283,15	2,20949467	-34.02787176	-14944.965969	-5201,39151
293,15	2,07944154			-5068,11703
303,15	1,90145839			-4792,41499
313,15	1,58853123			-4135,78728
R <sup>2</sup>	0.94742			

4) Effet de la concentration adsorbat

Pour étudier l'influence de la concentration de l'adsorbant sur le phénomène de l'adsorption, on prépare différentes concentrations de l'acide acétique 6-12-18-24mg/l. (Masse du charbon constant 0.1 g, vitesse d'agitation 150 t/min)

Tableau IV.13 : Effet de concentration sur l'adsorption.

Première partie	Bio-Charbon active(BCA) a (H <sub>2</sub> O)			
Diamètre	63µm			
Temps (min)	30			
Masse BCA (g)	0,1			
C <sub>0</sub> (mg/L)	6	12	18	24
pH <sub>i</sub>	4,53	4,36	4,24	4,20
V <sub>b</sub> (ml)	0.75	1,55	2,35	1,7
C <sub>e</sub> (mg/L)	4,5	9,3	14,1	10,2
q <sub>e</sub> (mg/g)	3	5,4	7,8	27,6
R (%)	25	22,5	21,66	57,5
pH <sub>f</sub>	5,60	4,93	4,85	5,08
Deuxième partie	Bio-Charbon active(BCA) a H <sub>2</sub> O (b)			
V <sub>b</sub> (ml)	0.75	0.80	1.2	1.75
C <sub>e</sub> (mg/L)	4,5	4,8	7.2	10.5
q <sub>e</sub> (mg/g)	3	14,4	21,6	27
R (%)	25	60	60	56,25
pH <sub>f</sub>	7,35	7,10	6,87	6.31



**Figures IV.9 :** Effet de la concentration initiale d'acide acétique sur performances d'adsorption du l'acide acétique sur (BCA) ( $m = 0,1$  g,  $T = 28,6^\circ\text{C}$ , temps d'agitation = 30 minutes, vitesse d'agitation 150 tr/min).

On remarque sur la figure IV.8 que le taux d'adsorption augmente avec l'augmentation de la concentration d'acide acétique, et cette augmentation est le résultat du nombre de molécules présentes en abondance et préparées pour l'adsorption avec l'adsorbant.

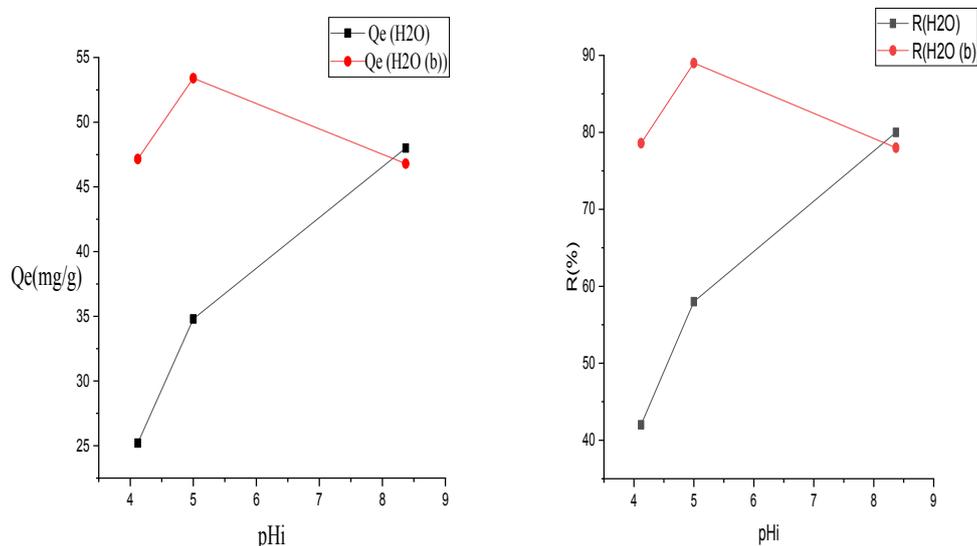
### 5) Effet de pH

L'effet du pH sur l'absorption de l'acide acétique a été étudié de ( $\text{pH} = 2-8,37$ ). A une concentration initiale de 30 mg/L, masse adsorbée 0,1 g et à température ambiante. Le pH de la solution a été ajusté aux valeurs désirées en ajoutant HCl (0,1 N) ou NaOH (0,1 N).

**Tableau IV.14 :** L'effet du pH sur l'adsorption.

Première partie	Bio-Charbon active( $\text{H}_2\text{O}$ )		
Diamètre	63 $\mu\text{m}$		
Temps (min)	30		
Masse BCA(g)	0,1		
pH <sub>i</sub>	4,12	5	8,37

$V_b(\text{ml})$	2,9	2,1	1
$C_e(\text{mg/L})$	17,4	12,6	6
$q_e(\text{mg/g})$	25,2	34,8	48
$R(\%)$	42	58	80
$\text{pH}_f$	6.62	5,40	7,50
<b>Deuxième partie</b>	<b>Bio-Charbon active (<math>\text{H}_2\text{O}</math> (b))</b>		
$V_b(\text{ml})$	1,07	0,55	1,1
$C_e(\text{mg/L})$	6,42	3,3	6,6
$q_e(\text{mg/g})$	47,16	53,4	46,8
$R(\%)$	78,6	89	78
$\text{pH}_f$	6.68	7,20	8.05



**Figures IV. 10:** Influence de  $\text{pH}_i$  d'acide acétique sur l'adsorption ( $m = 0,1 \text{ g}$ ,  $T = 29 \text{ }^\circ\text{C}$ , temps d'agitation = 30 min, vitesse d'agitation 150 t/min).

On remarque sur la figure IV.9 que la quantité d'adsorption augmente avec l'augmentation de la valeur du  $\text{pH}_i$  et est importante à ( $\text{pH}_i = 8,35$ ) pour le charbon actif à l'eau ( $\text{H}_2\text{O}$ ) si bien qu'elle atteint 80% et est généralement bonne en milieu basique contrairement au milieu acide. Quant au bio-charbon actif à l'eau ( $\text{H}_2\text{O}(b)$ ), on note que l'efficacité d'adsorption est grande à ( $\text{pH}_i = 5$ ) atteignant 89%. En général, on constate que la quantité d'adsorption est bonne en milieu acide contrairement au milieu de base.

#### IV.4. Modélisation des isothermes d'adsorption

L'adsorption à l'équilibre adsorbant et adsorbé est défini par des isothermes d'adsorption qui généralement propose par des modèles suivants :

#### IV.4.1. Application du modèle de Freundlich

Les résultats expérimentaux des isothermes d'adsorption modélisés par l'équation de Freundlich linéaire ( $\ln q_e = \ln k_f + 1/n \ln C_e$ ) sont représentés dans le tableau IV.14 et la courbe est présentée dans la figure IV.10.

#### IV.4.2. Application des modèles de Langmuir

Les résultats expérimentaux des isothermes d'adsorption modélisés par l'équation de Langmuir linéaire ( $1/Q_e = 1/Q_m + 1/K_L Q_m C_e$ ) sont représentés dans le tableau IV.14 et la courbe est présentée dans la figure IV.11.

#### IV.4.3. Application de modèle de Temkin

Les résultats expérimentaux des isothermes d'adsorption modélisés par l'équation de Temkin linéaire ( $q_e = B \ln A + B \ln C_e$ ) sont représentés dans le tableau IV.14 et la courbe est présentée dans la figure IV.12.

**Tableau IV.15** : Les résultats expérimentaux des isothermes d'adsorption.

Première partie	Bio-Charbon active(H <sub>2</sub> O)					
	C <sub>0</sub> (mg/L)	C <sub>e</sub> (mg/L)	Ln C <sub>e</sub>	Q <sub>e</sub> (mg/g)	Ln Q <sub>e</sub>	1/C <sub>e</sub>
6	4,5	1,5040774	3	1,09861229	0,22222222	0,33333333
12	9,3	2,2300144	5,4	1,68639895	0,10752688	0,18518519
18	14,1	2,6461748	7,8	2,05412373	0,07092199	0,12820513
24	10,2	2,3223877	27,6	3,31781577	0,09803922	0,03623188
Deuxième partie	Bio-Charbon active (H <sub>2</sub> O(b))					
C <sub>0</sub> (mg/L)	C <sub>e</sub> (mg/L)	Ln C <sub>e</sub>	Q <sub>e</sub> (mg/g)	Ln Q <sub>e</sub>	1/C <sub>e</sub>	1/Q <sub>e</sub>
6	4,5	1,50407739	3	1,09861228	0,22222222	0,33333333
12	4,8	1,56861591	14,4	2,66722820	0,20833333	0,06944444
18	7.2	1.97408102	21,6	3,07269331	0,13888888	0,04629629
24	10.5	2,35137525	27	3,29583686	0.09523809	0,03703703

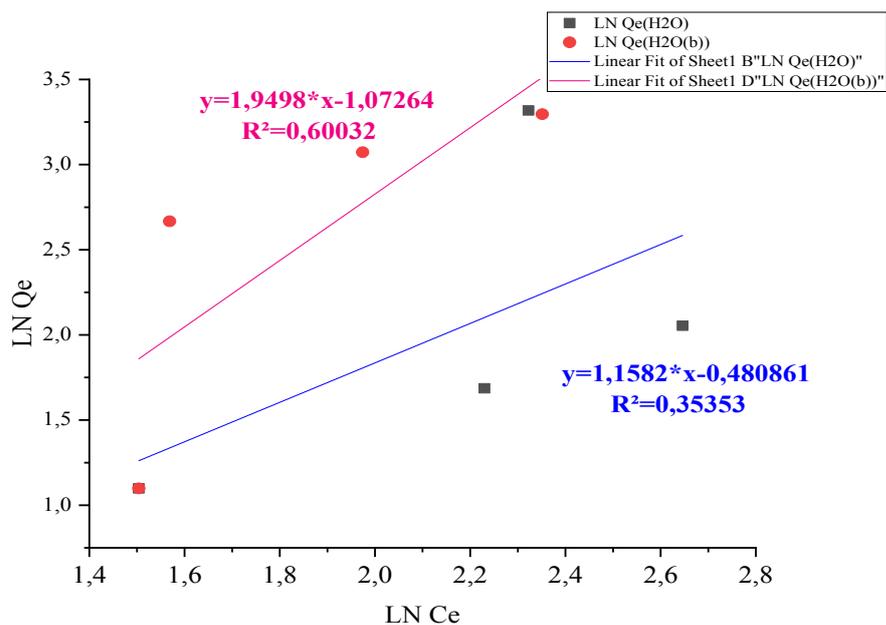


Figure IV.11 : Modélisation linéaire par le modèle de Freundlich.

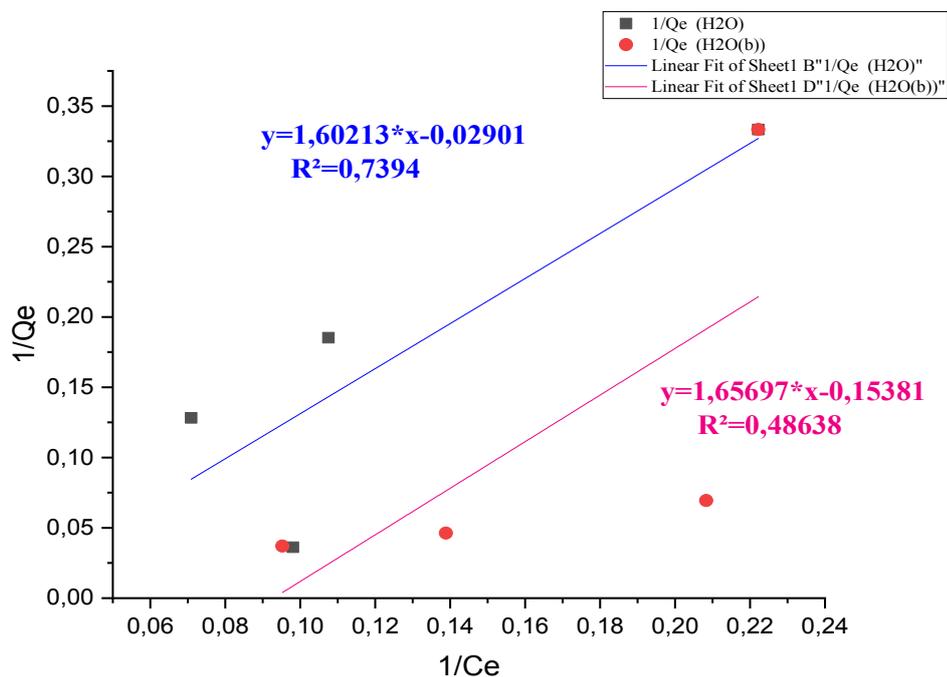


Figure IV.12: Modélisation linéaire par le modèle de Langmuir

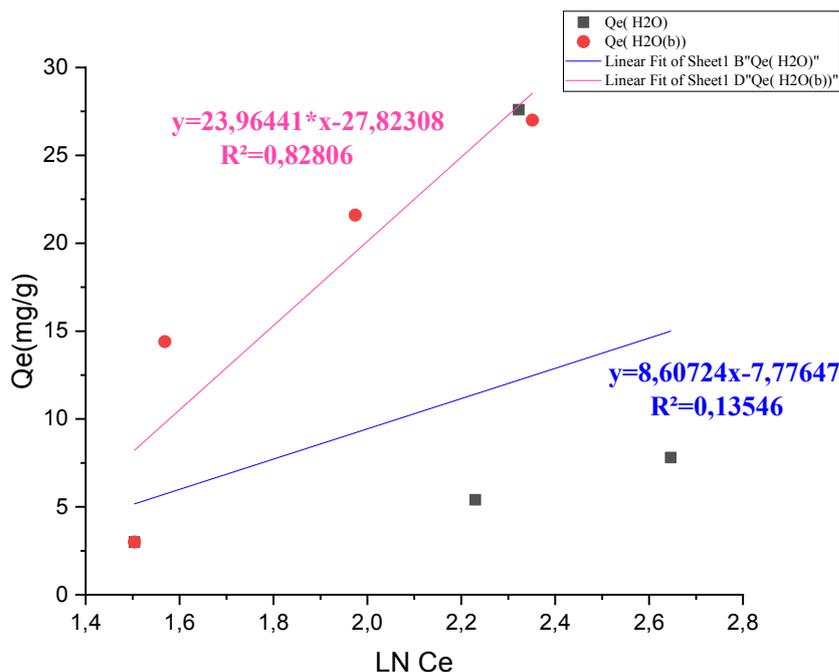


Figure IV.13 : Modélisation linéaire par le modèle de Temkin.

Tableau IV.16 : Constantes de différents modèles d’isothermes pour l’adsorption de l’acide acétique sur le Bio-charbon actif à l’eau(H<sub>2</sub>O) et (H<sub>2</sub>O(b)).

Bio-Charbon active	(H <sub>2</sub> O)	(H <sub>2</sub> O(b))
Le modèle de Freundlich	K <sub>f</sub> =0,61825	K <sub>f</sub> =0,342104
	n=0.863408	n=0.5128731
	R <sup>2</sup> =0,35353	R <sup>2</sup> =0,600032
Le modèle de Langmuir	K <sub>L</sub> =-0,0181173223 (L/mg)	K <sub>L</sub> =-0,0928260620 (L/mg)
	Q <sub>m</sub> =-34,470872113 (mg/g)	Q <sub>m</sub> = -6,501527859 (mg/g)
	R <sup>2</sup> =0.7394	R <sup>2</sup> =0.48638
Le modèle de Temkin	A=0.40515	A=0,313167
	B=8,60724	B=23,96441
	R <sup>2</sup> =0,13546	R <sup>2</sup> =0,82806

❖ A partir des courbes  $\ln Q_e = f(C_e)$  sont des droites dont le coefficient de régression est égal à  $R^2=0,82806$  pour le bio-charbon actif (H<sub>2</sub>O(b)). l’adsorption obéit non seulement au modèle de Temkin mais aussi au modèle de Langmuir est le plus

adapté pour décrire l'isotherme d'adsorption à l'équilibre du Bio-charbon actif (H<sub>2</sub>O) (R<sup>2</sup>=0,7394).

#### IV. 5. Cinétique d'adsorption

##### 1) Modèle du pseudo premier ordre

- L'équation cinétique d'un modèle de pseudo-premier ordre est donnée par l'équation suivante :

$$\ln (q_e - q_t) = \ln (q_e) - k_1 \cdot t$$

- Les résultats expérimentaux sont représentés dans le tableau IV.16 et la courbe est présentée dans la figure IV.13.

Tableau IV.17: Les résultats expérimentaux modèle du pseudo premier ordre.

Bio-charbon actif	(H <sub>2</sub> O(b))	
T(min)	Q <sub>t</sub> (mg/g)	Ln (q <sub>e</sub> -q <sub>t</sub> )
10	37,8	2,2617631
20	43,8	1,28093385
30	47,16	-1,42711636

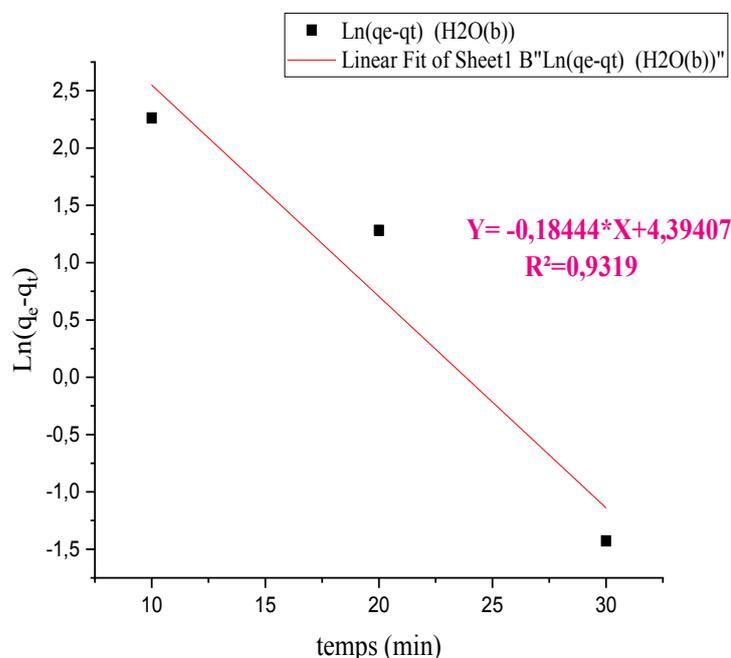


Figure IV.14 : Modèle du pseudo – premier ordre.

## 2) Modèle du pseudo deuxième ordre

- L'équation cinématique d'un modèle de pseudo-second ordre est donnée par la relation suivante :  $t/q_t = 1/K_2 \cdot q_e^2 + 1/q_e t$
- Les résultats expérimentaux sont représentés dans le tableau IV.17 et la courbe sont présentée dans la figure IV.14.

Tableau IV.18 : Les résultats expérimentaux modèle du pseudo deuxième ordre.

Bio-charbon actif	(H <sub>2</sub> O(b))	
T(min)	Q <sub>t</sub> (mg/g)	t/Q <sub>t</sub> (min.g/mg)
10	37,8	0,26455026
20	43,8	0,456621
30	47,16	0,63613232
40	47,4	0,84388186

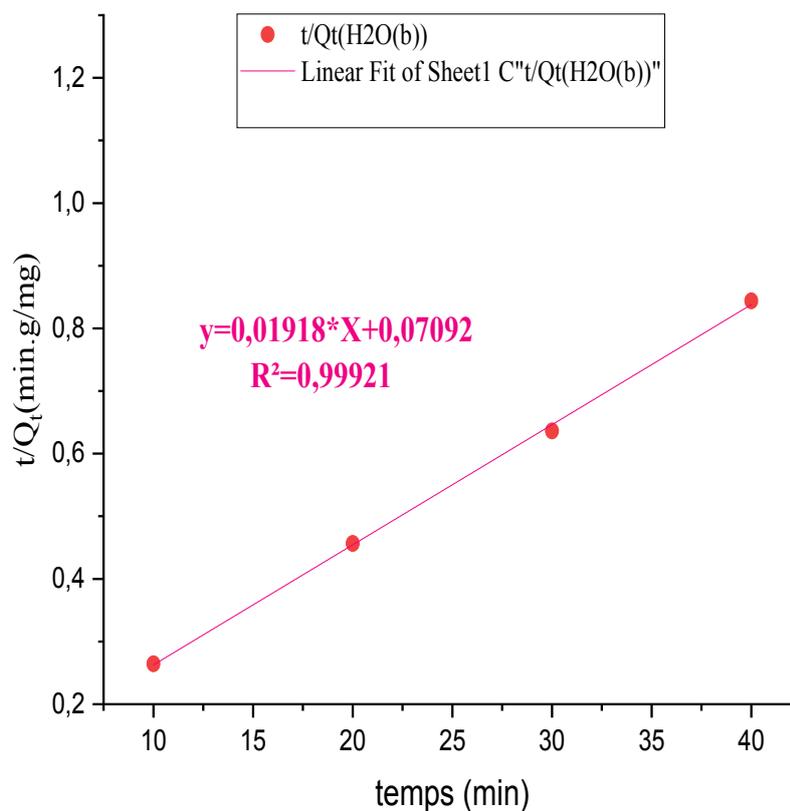


Figure IV.15 : Modèle du pseudo – second ordre.

Tableau IV.19 : Constantes du modèle cinétique d'adsorption

Bio-charbon actif	(H <sub>2</sub> O(b))
Modèle du pseudo premier ordre	$K_1(\text{min}^{-1})= 0,18444$
	$q_e(\text{mg/g})=512,0949$
	$R^2=0,9319$
Modèle du pseudo deuxième ordre	$K_2(\text{g}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{mg}^{-1})=0,00518$
	$q_e(\text{mg/g})=52,13764$
	$R^2=0,99921$

- ✚ Le modèle avec un coefficient de corrélation plus élevé est celui qui décrit le processus d'adsorption de l'acide acétique sur du Bio- charbon actif.
- ✚ D'après les résultats obtenus dans le tableau, nous notons que le modèle du pseudo deuxième ordre décrit le processus d'adsorption de l'acide acétique sur Bio-charbon actif (H<sub>2</sub>O(b)) avec un facteur de corrélation de ( $R^2=0,99921$ ).

#### ✚ Conclusion

Enfin, les résultats ont montré que le bio-charbon activé à l'eau (H<sub>2</sub>O(b)) préparé est efficace pour éliminer les polluants d'acide acétique.

# Conclusion générale



## Conclusion générale

---

### Conclusion générale

Ce travail consiste à préparer un Bio-adsorbant riche en carbone ; par valorisant des déchets agricole comme feuilles de palmier datte (SAAF) d'origine de Wilaya D' OULED DJELLAL. Pour but d'utilisé ce bio-adsorbant comme anti-polluant. Le bio-charbon actif (bio-adsorbant) fabriquer à partir des feuilles palmier qui ont no valeur économique, et de transforme a une matière bénéfice pour l'économie.

La fabrication de notre charbon actif ce fait par deux parties pour avoir l'influence de quelque paramètre sur l'efficacité d'adsorption du charbon sur l'acide acétique (éthanoïque). Première partie consiste à étudies l'effet du diamètre de la poudre du charbon actif, et les l'effet des activants sur la capacité d'adsorption tels que : Bio-activant (l'eau, et le sel naturel) et les activant industriels (NaCl et carbonate de sodium  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). Et la deuxième partie consiste à étudier la méthode de fabrication de bio-charbon avec Bio-activant tels que l'eau et le sel naturel d'El-Outay W. de Biskra. Les résultats montrent que le bio-charbon fabriquer avec un bio-activant ( $\text{H}_2\text{O}$ ) montre une efficacité d'adsorption par l'élimination l'acide acétique. Nous avons choisi de compléter notre étude sur le bio-charbon activé avec de l'eau car il ne présente pas de danger pour l'environnement.

Afin d'étudier l'adsorption de l'acide acétique sur le bio-charbon avec de l'eau (nous avons suivi plusieurs effet de paramètres sur l'adsorption (effet de temps d'agitation, effet de masse d'adsorbant, la concentration initiale, la température, le pH) nous obtenons donc :

- La meilleure efficacité d'adsorption de la concentration d'acide acétique (30mg/g) dépend du bio-charbon ( $\text{H}_2\text{O}(b)$ ) pour le changement de temps de 79 % ( $Q_e = 47,4\text{mg/g}$ ) pour les temps ( $t=40$  min).
- La meilleure efficacité d'adsorption de la concentration d'acide acétique (30mg/g) dépend du bio-charbon ( $\text{H}_2\text{O}(b)$ ) pour le effet de masse 78% ( $Q_e = 23,4$  mg/g) pour ( $m = 0,2\text{g}$ ).
- La meilleure efficacité d'adsorption de la concentration d'acide acétique (30 mg/g) dépend du bio-charbon ( $\text{H}_2\text{O}(b)$ ) pour l'effet de la température 82% ( $Q_e = 49,2$  mg/g) pour ( $T=10^\circ\text{C}$ ).
- La meilleure efficacité d'adsorption acide acétique dépend du bio-charbon ( $\text{H}_2\text{O}(b)$ ) pour l'effet de la concentration 60% ( $Q_e = 21,6$  mg/g) à ( $C=24\text{mg/l}$ )
- La meilleure efficacité d'adsorption acide acétique dépend du bio-charbon ( $\text{H}_2\text{O}(b)$ ) pour l'effet du  $\text{pH}_i$  est 89% ( $Q_e = 53,4$  mg/g) pour ( $\text{pH}_i=5$ ).

## Conclusion générale

---

A partir des courbes  $\ln Q_e = f(C_e)$  sont des droites dont le coefficient de régression est égal à  $R^2=0,82806$ ) pour le bio-charbon actif ( $H_2O(b)$ ) l'adsorption obéit non seulement au modèle de Temkin mais aussi au modèle de Langmuir est le plus adapté pour décrire l'isotherme d'adsorption à l'équilibre du Bio-charbon actif ( $H_2O$ ) ( $R^2=0,7394$ ).

Les résultats obtenus ont montré que le modèle de pseudo-second ordre décrit l'adsorption de l'acide acétique sur le bio-charbon actif ( $H_2O(b)$ ) avec un facteur de liaison ( $R^2=0,99921$ ).



### Références bibliographiques

[01]I .Souifi. Influence de la température d'activation sur le rendement d'adsorption du charbon actif sur le bleu méthylène. Faculté des sciences et de la technologie, Génie chimique. Université de Biskra (2020).

[02]Z .Slimani . Etude d'effet des paramètres physicochimique sur fabrication du charbon actif à partir des coquilles des Noix. Faculté des sciences et de la technologie, Génie chimique. Université de Biskra (2020).

[03] <https://www.economiedenergie.fr/choisir-fournisseur-energie/comparer-energies/le-charbon/>

[04]H .Mohcine. Influence des nano-charges de noir de carbone sur le comportement mécanique de matériaux composites : application au blindage électromagnétique. Autre. Université de Technologie de Compiègne, Français.2013.

[05]Base de données fiches toxicologiques. Noir de carbone - Edition : Septembre 2020.[www.inrs.fr/fichetox](http://www.inrs.fr/fichetox).

[06] <https://boowiki.info/art/des-pigments-organiques/le-noir-de-carbone.html>

[07]S. Zellagui. Pyrolyse et combustion de solides pulvérisés sous forts gradients thermiques. Caractérisation du dé volatilisaton, des matières particulaires générées et modélisation, Thèse de Doctorat de l'Université de HAUT-ALSACE, 206 p. (2016).

[08] Mme BELHADJ Hanane EP MOUDJAH BENBRAHIM. Détection de la pollution atmosphérique à l'aide du lichen xanthoria parietina (L.) bio-accumulateur d'éléments traces métalliques dans le centre urbain de la ville de Sidi Bel Abbes (Algérie occidentale).Thèses de doctorat, faculté des sciences de la nature et de la vie département des sciences de l'environnement. UNIVERSITÉ DJILLALI LIABES DE SIDI BEL ABBES, (2014-2015).

[09] <https://www.projetecolo.com/la-pollution-du-sol-causes-consequences-et-solutions-32.html>

[10] Bozdogan A, Goknil H. The removal of the color of textile dyes in wastewater by the use of recycled coagulant. MU Fen Billimeri DergisiSayi; 4:83, 1987.

[11] Brower GR, Reed GD. Economical pre-treatment for colour removal from textile dye wastes. In: Proc. 41stind waste conference, Purdue University: West Lafayette, Indiana, 612.p. 1985.

- [12] Majewska-Nowak K. Effect of flow conditions on ultra-filtration efficiency of dye solutions and textile effluents. *Desalination* 1989; 71:127.
- [13] Shendrik OR. Electro membrane removal of organic dyes from wastewaters . *Kimiya Technology Vody* 1989; 11:467.
- [14] Ding Z, Min CW, Hui WQ. A study on the use of bipolar particles – electrode in the decolorization of dyeing effluents and its principle. *Water SciTechnol* 1987; 19(3/4):39.
- [15] Jawad, Ali H., Al-Heetimi, Dhafir T.A, Mastuli, MohdSufri.,Biochar from Orange (citrus sinensis) Peels by Acid Activation for Methylene Blue Adsorption., *Iran. J. Chem. Chem. Eng.* Vol. 38, No. 2, 2019
- [16] Nawawi .W.I.W., AIN S.K., Zaharudin R., Jawad A.H., Ishak M.A.N., Ismail .S.K., Sahid S., New TiO<sub>2</sub>/DSAT Immobilization System for Photodegradation of Anionic and Cationic Dyes, *Int. J. Photoenergy* 2015(3): 1 –6 (2015).
- [17] Coia-Ahlman S, Groff KA. Textile wastes. *Res J Water PollutCont Fed* 1990; 62:473.
- [18] N .Belhireche, I .Beledgale,Contribution à la préparation des matériaux adsorbant à partir des sous produits du palmier dattier, Mémoire master académique,Faculté de Technologie, Université Echahid Hamma Lakhdar. El Oued(2015)
- [19]B. NOUR Eddine, Etude comparative des propriétés d'adsorption de quelques micropolluants sur les phosphates naturels et le charbon actif, d'Etudes Supérieures Approfondies, Université Ibn zohr, (2014).
- [20]M .Elguerri Bakhti et S. Debabi. Fabrication et caractérisation des carbones activés à partir d'une coquille d'amande et leur adsorption des colorants. Mémoire master Académique Université Mohamed Boudiaf- - M'SILA. (2019).
- [21] Z .berbara, N. Karali. Élimination du chrome (vi) par adsorption sur la coque d'arachide (cacaouettes) traité. Mémoire master. Faculté des sciences. Université M'HAMED BOUGARA –BOUMERDES, (2017).
- [22] Diao Y, Walawender WP, Fan LT. 2002. Activated carbons prepared from phosphoric acid activation of grain sorghum. *Bioresour. Technol.*, 81: 45–52.
- [23] D. Bamba, Elimination de DIURON des eaux par des techniques utilisant les ressources naturelles de la coté d'ivoire ; photo catalyse solaire et charbon actif de coques de noix de coco, thèse de doctorat, 2007

- [24] Mbaye G, Synthèse et étude des charbons actifs pour le traitement des eaux usées d'une Tannairie, Mémoire de fin d'étude (2008)
- [25] Jinyan Lu. A comparative study on activated carbon,2005.
- [26] H.Guedidi Ben Slama, Préparation et modification de carbones activés pour l'adsorption de polluants organiques émergents : molécules pharmaceutiques et liquides ioniques, doctorat.L'Université de Grenoble et l'université de Tunis el Manar(2015).
- [27] N. Yahiaoui, Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif, Mémoire de Magister, Université de Tizi Ouzou, (2012).
- [28] Johannes Lehmann, Stephen Joseph. Biochar for environmental management: Science,London, 415 p, ISBN: 978-1-84407-658-1.2009.
- [29] Keech,O., Carcaillet, C., Nilson, M. C. Adsorption of Allelopathic compounds by wood derived charcoal: The role of wood porosity, *Pant soil*, 272, p. 291-300. 2005.
- [30] Gundale, M., Deluca, T. H. Temperature and source material influence ecological attributes of Ponderosa Pine and Douglas-fir charcoal. *For EcolManag*, 231, p.86-93, 2006.
- [31] Downie, A., Crosky, A., Munroe, P. Physical properties of Biochar. In *Biochar for Environmental Management*, ed, Lehmann, J., and Joseph, S., London: Earthscan publications, 12-32, 2009.
- [32] Chan, K. Y., Xu. Z. Biochar: Nutrient properties and their enhancement. In *Biochar for Environmental Management*, ed, Lehmann, J., and Joseph, S., London: Earth scan publications Ltd, p, 67-84, 2009.
- [33] Prins, R., Wayne, T., Marier, J., Geoff, A., Tim, C., Brandon, D. Design, Construction, and Analysis of A Farm-Scale Biochar Production System, *Catalyzing Innovation*, 24-26, 2011
- [34] Mulleen, A. C., Boateng, A., Goldberg, N. M., Lima, M., Laird, D. A., Hicks, K.B. Bio-oiland Bio-char Production from Corn Cobs and Stover by fast Pyrolysis, *Elsevier*, 34, p.67-74, 2009.
- [35] Liang, B., Lehmann, J., Solomon, D., Grossman, J., O'Neill, B., Skyemstad, J. O., Theis, J., Luizao, F. J., Peterson, J., and Neves, E. G. Black Carbon Increases Cation

Exchange Capacity in Soils, Soil Science Society of America Journal, 70, p;1719-1730,2006.

[36]T. Boukheris. Comparaison entre Charbon actif et Biocharbon (Étude théorique).mémoire master. Université Mohammed Seddik Ben Yahia- Jijel (2020).

[37] AHITEY Aya Maurice Ulrich. Recherche de substituts au charbon de bois : conception et caractérisation de biocharbon à base de roseau (cenchrus purpureus).Mémoire master, Université Felix Houphouët-Boigny (2020).

[38] Z. BELKEBIR, « Valorisation des déchets agro-alimentaires cas des grignons d'olives», Mémoire de Magister, Université M'Hamed Bougera–Boumerdes, Algérie, (2007).

[39] N. Chaouch, "Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le traitement physico chimique des eaux polluées," Thèse Doctorat, Faculté des sciences, Université Hadj Lakhdar Batna, 2014.

[40] M. sidi, traitement des polluants organiques en milieux aqueux par adsorption sur le charbon actif de la ferula, Thèse Doctorat, Génie de l'Environnement, université Mohamed bougera boumerdes, 2021.

## Résumé :

Ce travail consiste à préparer un Bio-adsorbant riche en carbone par valorisant des déchets agricole comme feuilles de palmier datté (SAAF) d'origine de Wilaya D' OULED DJELLAL. Pour but d'utilisé ce bio-adsorbant comme anti-polluant. Le Bio-charbon actif (bio-adsorbant) fabriquer à partir des feuilles palmier dattier, qui ont no valeur économique, et de transforme a une matière bénéfique pour l'économie. Les résultats montrent que le bio-charbon fabriquer avec un bio-activant ( $H_2O$ ) montre une efficacité d'adsorption par un taux d'élimination sur l'acide acétique est de 80% et de capacité d'adsorption est 49,8mg/g. Puis une étude d'analyse par (FTIR) et l'effet de divers facteurs affectant sur l'adsorption du bio-charbon (BCA) sur l'acide acétique, finalement appliquer les modèles isothermes et la cinétique d'adsorption

**Mots clés:** feuilles de palmier datté, Bio-activant, bio-charbon, adsorption, acide acétique, isotherme et cinétique d'adsorption.

## Abstract

This work consists bio-adsorbent rich in carbon by valuing agricultural waste as date palm leaves (SAAF), from Wilaya D'OULED DJELLAL. For the purpose of to use an anti-pollutant. Bio-activated charcoal (bio-adsorbent) made from date palm leaves, which have no economic value, and transformed into a material benefit for the economy. The results show that the bio-activated charcoal (BAC) activated with a bio-activator ( $H_2O$ ); shows better elimination rate adsorption capacity onto acetic acid as 80% and 49.8mg/g respectively. The bio-activated charcoal (BAC) fabricated pass to (FTIR) analysis, and the various factors affecting on the adsorption of bio-Activated charcoal (BAC) onto acetic acid, finally applying isothermal models and adsorption kinetics.

**Key words:** date palm leaves, Bio-activator, bio-charcoal, adsorption, acetic acid, isotherm and adsorption kinetics.

## الملخص:

يتكون هذا العمل من تحضير مادة ماصة بيولوجية غنية بالكربون عن طريق تقييم المخلفات الزراعية كأوراق النخيل (صاف) من ولاية اولاد جلال. لغرض استخدام هذه الممتزات الحيوية كمضاد للتلوث. الكربون المنشط بيولوجيا (الممتزات الحيوية) المصنوع من سعف النخيل ، والذي ليس له قيمة اقتصادية ، ويتحول إلى فائدة مادية للاقتصاد. أظهرت النتائج أن الفحم الحيوي المصنوع من المنشط الحيوي ( $H_2O$ ) يظهر كفاءة امتصاص بمعدل إزالة على حمض الأسيتيك يبلغ 80٪ وقدرة امتصاص 49.8 مجم / جم. ثم دراسة تحليلية بواسطة (FTIR) وتأثير العوامل المختلفة التي تؤثر على امتزاز الفحم الحيوي (BCA) على حمض الأسيتيك ، وأخيراً تطبيق النماذج المتساوية وحركية الامتزاز

**الكلمات المفتاحية:** أوراق سعف النخيل ، التنشيط الحيوي ، الفحم الحيوي ، امتزاز ، حمض الخليك ، ايزوتارم ، حركية.