

UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA

Faculté des sciences appliquées

Département de Génie des procédés



Mémoire

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences et Technologies.

Filière : Sciences et Génie de l'Environnement.

Spécialité : Génie des Procédés de l'Environnement

Présenté Par :

MAHBOUB Meriem

HAFIANENiama

Thème :

***Préparation et Caractérisation d'un charbon
actif à partir des tiges des roseaux par voie
chimique***

Soutenu publiquement le : 01 /10/2020

Devant le jury composé de :

Mr : Baameur Lotfi

Mme : Ghiaba Zineb

Mr : SEKIRIFA Mohamed Lamine

MCB

MCA

MCA

Président

Examineur

Encadreur

(UKM Ouargla)

(UKM Ouargla)

(UKM Ouargla)

Année Universitaire : 2019/2020

Dédicaces

Nous exprimons notre gratitude et nos remerciements les plus sincères et les plus Profonds

à Dieu tout puissant qui nous a donné la force et la patience pour pouvoir accomplir ce travail à terme.

Nous dédions ce travail à :

Nos chers parents.

Nos frères et sœurs.

Nos oncles et tantes.

Nos cousins et cousines.

Nos ami(e)s.

Nos enseignant(e)s.

A tous ceux qui nous a aidés de près ou de loin dans notre parcours d'étude

«Ce n'est pas parce que les choses sont difficiles que nous n'osons pas, c'est parce que nous n'osons pas qu'elles sont difficiles»

MAHBOUB, HAFIANE

Remerciements

Tout d'abord, nous devons remercier Dieu Tout-Puissant qui nous a donné le désir et la force d'achever ce travail. Nous adressons nos sincères remerciements à tous les membres du jury qui nous ont honorés en participant à l'évaluation de nos travaux.

Nous remercions également Monsieur, Hadj Muhammad Mahfoud. Directeur du Laboratoire de Bio géochimie des Environnements Désertiques de l'Université de Kasdi Merbah, Ouargla, Mme Soumia Kabdi et Dr. Sekirifa Mohammad lamine, pour leur aide et leurs conseils.

Un grand merci aux amis qui nous ont fait confiance et qui, par leur présence et leur soutien, nous ont aidés à surmonter certains moments difficiles et nous ont permis de relativiser les obstacles dans la vie et nous ont toujours encouragés à avancer.

Ce travail n'aurait jamais été possible sans le soutien continu de nos familles et sans leur éducation basée sur des valeurs morales fondées sur le respect des autres et du travail.

Merci à tous

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Figure I.1	Phénomène d'adsorption	4
Figure I.2	Schéma de l'adsorption physique	5
Figure I.3	Représentation schématique des surfaces interne et externe d'un charbon actif	7
Figure I.4	Schéma de mécanisme d'adsorption	8
Figure I.5	Les différentes courbes des isothermes d'adsorptions (d'après Giles et al, 1960)	10
Figure I.6	(a) isotherme d'adsorption de Langmuir.(b) modélisation d'isotherme de Langmuir	12
Figure I.7	(a) isotherme d'adsorption de Freundlich.(b) modélisation d'isotherme de Freundlich	13
Figure II.1	charbon actif	18
Figure II.2	Charbon actif en poudre	18
Figure II.3	Charbon actif granulé	19
Figure II.4	la Structure d'un charbon actif	23
Figure II.5	Représentation de la Structure poreuse de charbon actif	24
Figure II.6	les Groupements de surface du CA	24
Figure III.1	tiges de roseaux	27
Figure III.2	l'organigramme Préparation des charbons actifs obtenus par les tiges des roseaux	29
Figure III.3	l'organigramme Caractérisations des charbons actifs obtenus par les tiges des roseaux	30

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
Tableau I.1	Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique	6
Tableau I.2	Différentes expressions mathématiques du modèle de Langmuir	11
Tableau II.1	: les avantages et les inconvénients du charbon actif en poudre	19
Tableau II.2	Désignation de maille selon ASTM E11-95 et leurs équivalents	20
Tableau II.3	les Avantages et les Inconvénients du charbon actif en granulé	20
Tableau II.4	Classification de porosité	23
Tableau III.1	Les propriétés de l'acide phosphorique H_3PO_4 .	28
Tableau III.2	quelques travaux bibliographiques sur l'activation chimique	31-39

NA	Nombre d'Avogadro 6.023×10^{23}	(mol⁻¹)
n	intensité d'adsorption	
P	La pression à l'équilibre	
P0	La pression de vapeur saturante du gaz adsorbé à la température d'expérience	
C_c	le poids du charbon actif	(g)
C_c	le poids des cendres	(g)
q_e	quantité adsorbée à l'équilibre	(mg/g)
q_m	quantité maximale de l'adsorbat adsorbée sur	(mg/g)
q_t	quantité adsorbée au temps t	(mg/g)
R	constant de gaz parfait	(J/mol.K)
C_c	∞ ∞∞∞∞∞ ∞∞ ∞∞∞∞∞∞	
t	temps	(min)
t^{c/c}	Temps de demi-adsorption	
T	Température	(°C)
v	volume de la solution	(l)
V	La quantité de gaz adsorbée	
C_c	Volume molaire	
V_m	Le volume de gaz nécessaire	(l)
σ	La surface occupée par une molécule de vapeur	(Å²)

Table de matière

Dédicaces	I
Remerciements.....	II
Liste des tableaux.....	III
Liste des figures.....	III
Liste des abréviations.....	IV
Table de matière.....	VI
Introduction générale.....	1

Chapitre I. Généralités sur l'adsorption

1-Introduction.....	4
2- Définition.....	4
3- Classification des phénomènes d'adsorption.....	5
3.1-Adsorption physique.....	5
3.2- Adsorption chimique.....	5
4- Facteurs influençant l'adsorption.....	6
5- Le mécanisme d'adsorption.....	8
6- Les isothermes d'adsorption	9
6.1-Capacité d'adsorption.....	9
6.2-Concept d'isotherme d'adsorption.....	9
7-Classification des isothermes.....	9
8-Modèle des isothermes d'adsorption.....	10
8.1- Modèle de Langmuir.....	11
8.2-Modèle de Freundlich.....	12
8.3-Modèle B.E.T	13
9-Cinétique d'adsorption.....	14
9.1-Le modèle de pseudo-premier ordre.....	14
9.2-Le modèle de pseudo-second ordre.....	15
9.3- Le modèle de diffusion intra-particulaire.....	15

Chapitre II : Généralités sur les adsorbants

1-Les grands types d'adsorbants	17
2-Les principaux adsorbants.....	17
3-Histoire du charbon actif.....	17
4- Définition.....	18
5-Les différentes formes du charbon actif.....	18
5.1-Charbon actif en poudre.....	18
5.2- Charbon actif granulé.....	19
5.3- Les fibres de charbon activé.....	21
6-Types de charbon actif.....	21
6.1-La biomasse.....	21
6.2-La biomasse végétale.....	21
7- La préparation du charbon actif.....	21
7.1- la pyrolyse.....	21
7.2- L'activation.....	22
8 - Les propriétés du charbons actifs.....	22
8.1- Propriétés physiques.....	22
8.2- Propriétés chimiques.....	24
9- La régénération du charbon actif.....	24
9.1- Régénération à la vapeur.....	25
9.2- Régénération thermique.....	25
9.3- Régénération biologique	25
9.4- Régénération chimique.....	25
10- Applications du charbon actif.....	25

Chapitre III : partie expérimentale

1. Généralités sur la plante du roseau.....	27
2. Préparation de charbon actif27
Conclusion générale.....	41
<i>Bibliographie</i>	<i>X</i>

INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale :

La protection de l'environnement est devenue une préoccupation majeure de notre société et motivée, à côté d'études sur la réduction des facteurs créateurs de pollution, le développement croissant de recherches pour l'amélioration des méthodes de dépollution [1].

Aujourd'hui, le phénomène d'adsorption est devenu un outil utile pour la purification et la séparation de toute substance indésirable. Il trouve son application dans différentes industries (pétrolière, chimique, pharmaceutique, etc...), et contribue amplement à résoudre des problèmes de pollution et notamment l'eau. Beaucoup de matériaux adsorbants comme les charbons actifs et les zéolithes sont utilisés depuis longtemps. Ces dernières années, de nombreuses recherches ont été entreprises pour développer des alternatives nouvelles de fabrication et d'utilisation d'adsorbants économiques comme par exemple des matériaux naturels abondants ou des sous-produits ou de déchets de l'industrie qui exigent peu de transformation [2].

La recherche de nouveaux matériaux poreux dans le domaine de traitement des polluants provenant des effluents liquides et gazeux par les phénomènes d'adsorption connaît un essor considérable. Les matières premières longtemps employées dans la préparation de charbon actif. Une haute capacité d'adsorption, un large spectre d'adsorption, une régénération facile et un prix peu élevé sont les qualités requises pour un bon adsorbant [3], mais il reste très onéreux et nécessite en plus une régénération. Cela limite son utilisation dans les pays en voie de développement.

Les recherches se sont alors orientées vers des procédés de traitement faisant appel à des matériaux naturels moins coûteux, concrètement à partir des déchets agricoles [4]. De nombreux travaux sont alors entrepris sur

Les tiges des roseaux constituent des déchets abondants difficilement biodégradables. Pourtant, et en dépit de potentielles sources d'énergie, elles sont peu étudiées. Leurs caractéristiques cinétiques restent pratiquement ignorées et le pays continue d'importer du charbon actif pour diverses applications notamment en ce qui concerne le traitement de l'eau. C'est pourquoi, il nous paraît nécessaire de préparer du charbon actif à partir des tiges de roseaux. Leur utilisation serait un double gain pour la qualité de l'environnement et très intéressante du point de vue économique. L'objectif est d'élaborer un procédé d'activation simple et peu coûteux avec profit à partir des agro-ressources comme matière première disponible, renouvelable et bon marché ; d'adapter ce procédé pour produire, si possible industriellement, du charbon actif.

Ce mémoire est composé de trois chapitres :

Introduction Générale

Le premier chapitre est consacré à la présentation des généralités sur l'adsorption essentiellement les différents paramètres influant sur l'adsorption, les classes et les modèles les plus utilisés pour la description de ce phénomène.

Dans le deuxième chapitre, nous avons consacré sur les différents et les principaux types adsorbants notamment les charbons actifs, leurs méthodes de préparation, et leurs caractérisations.

La troisième partie nous exposons les généralités sur les plantes des roseaux et la procédure expérimentale (protocoles et méthodes) de la Préparation de charbon actif par voie chimique on utilise l'acide phosphorique comme agent activant, et nous apprécions le travail sur les études précédentes. On terminera par une conclusion générale.

Chapitre I :
Généralités sur l'adsorption

1- Introduction :

L'utilisation de la méthode d'adsorption pour traiter des eaux usées est un traitement alternatif attractif, efficace et économique, et le plus utilisé et recommandé pour l'élimination effective des polluants organiques des eaux usées.

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

2- Définition :

L'adsorption est une opération de transfert de matière se fait dans deux phase non miscibles, la première phase appelée l'adsorbat (liquide ou gaz) peut être organique ou inorganique, et la deuxième phase appelée l'adsorbant (solide), sachant que les molécules de l'adsorbat se fixe sur l'interface de l'adsorbant [5-6].

L'adsorption est définie comme étant un enrichissement d'un constituant ou une augmentation de la densité d'un fluide (liquide ou gaz) au voisinage d'une interface [7].

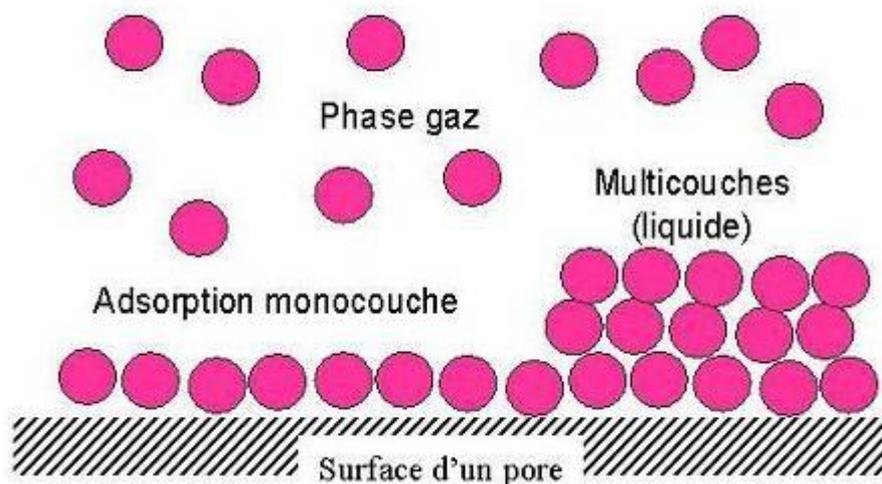


Figure1: Phénomène d'adsorption [8].

3- Classification des phénomènes d'adsorption :

3.1-Adsorption physique (physisorption) [9-10]. :C'est le processus résulte des forces d'interactions de nature physique, qui se produit lorsque les forces qui fixent l'adsorbat dans une couche à la surface de l'adsorbant sont du même ordre que les forces de Van der Waals et les liaisons d'hydrogène.

- ❖ C'est aussi réversible et peu spécifique et elle est rapide et généralement limitée par la diffusion, elle se produit à des basses températures, et est caractérisée par une énergie d'adsorption considérablement faible.
- ❖ Elle peut se faire en monocouche ou multicouches.

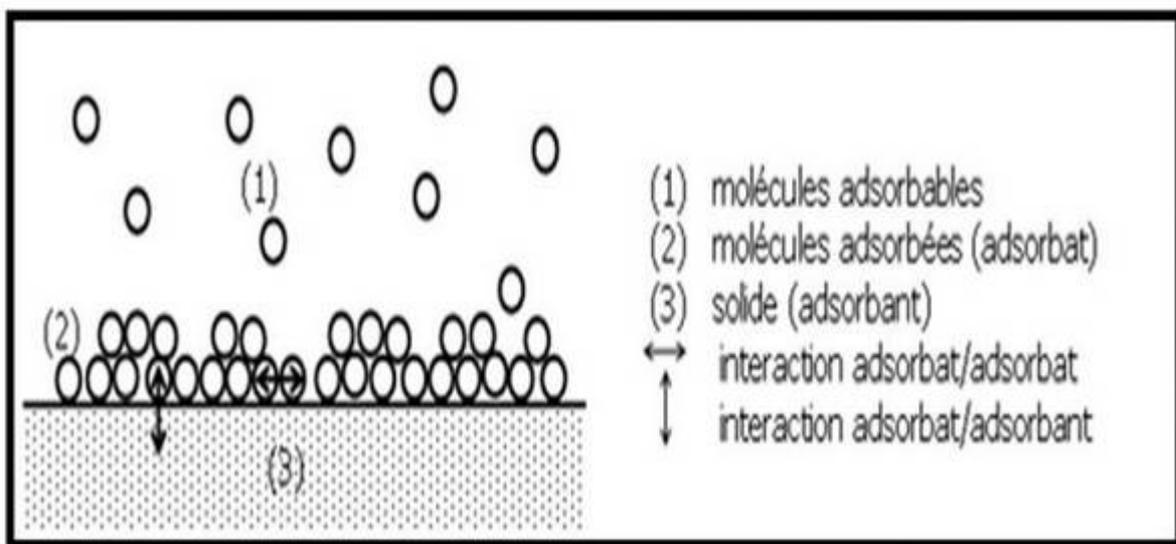


Figure 2 : Schéma de l'adsorption physique [9]

3.2-Adsorption chimique(Chimisorption) [9-10] :

- ❖ L'adsorption chimique ou la chimisorption résulte d'une interaction chimique entre le solide et l'adsorbat (nettement supérieures aux forces de Van der Waals), ces dernières liées entre eux par des liaisons covalentes ou ioniques, les molécules de l'adsorbat sont liées directement à l'adsorbant.
- ❖ C'est un processus irréversible et lent, elle se produit à des hautes températures et elle met en jeu une énergie d'adsorption considérablement plus élevées de 200 kJ/mol.

Elle est aussi uniquement mono- moléculaire car la présence des liaisons de valence entre l'adsorbat et le solide, ne permet pas la formation de couches multimoléculaire.

Chapitre I : Généralités sur l'adsorption.

Tableau 1: Comparaison entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique [11]

Propriétés	<i>Physisorption</i>	<i>Chimisorption</i>
<i>Liaisons</i>	Van Der Waals	chimique
<i>Température du processus</i>	Relativement faible comparée à la température d'ébullition de l'adsorbat	Plus élevée que la température d'ébullition de l'adsorbat
<i>Individualité des molécules</i>	L'individualité des molécules est conservée	Destruction de l'individualité des molécules
<i>Processus de désorption</i>	facile	difficile
<i>Cinétique</i>	Très rapide	lente
<i>Formation des couches</i>	Multicouches	Monocouche
<i>réversibilité</i>	Réversible	Irréversible
<i>Chaleur d'adsorption</i>	1 à 10 Kcal/mol	>10 Kcal/mol
<i>Energies mises en jeu</i>	Faibles	Elevées
<i>Spécificité</i>	Non spécifique	Très spécifique

4- Facteurs influençant l'adsorption :

La théorie de l'adsorption des liquides par les solides est nettement moins complète que celle de l'adsorption des gaz ou des vapeurs par les solides. Ce qui est dû sans doute à de nombreux facteurs qui rendent l'étude de tels phénomènes difficile à interpréter. Ces facteurs sont :

Chapitre I : Généralités sur l'adsorption.

4.1-Concentration :

Pour de faibles concentrations de produit dissous, on observe en général, que le taux d'adsorption en fonction de la concentration de la substance dissoute suit la loi de Freundlich. Cette loi ne s'applique plus à des concentrations élevées, et on observe alors que fréquemment qu'avec l'accroissement de la concentration, l'adsorption passe par un maximum, puis décroît pour devenir négative [1].

4.2- Vitesse d'adsorption :

L'adsorption physique des gaz ou des vapeurs par les adsorbants solides est extrêmement rapide, l'adsorption en phase liquide est beaucoup moins rapide. La viscosité de la solution doit être un facteur agissant sur la vitesse d'adsorption, et il est vraisemblable qu'en diminuant la viscosité on accroît la vitesse par chauffage [1].

4.3-La température :

L'adsorption est un processus exothermique et par conséquent son déroulement doit être favorisé par un abaissement de température [5].

4.4- pH :

Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption du fait qu'il peut influencer à la fois la structure de l'adsorbant et de l'adsorbât ainsi que le mécanisme d'adsorption [10].

4.5-Nature de l'adsorbant [10] :

Le choix de l'adsorbant adéquat pour effectuer une séparation dépend de plusieurs paramètres :

1) La surface spécifique :

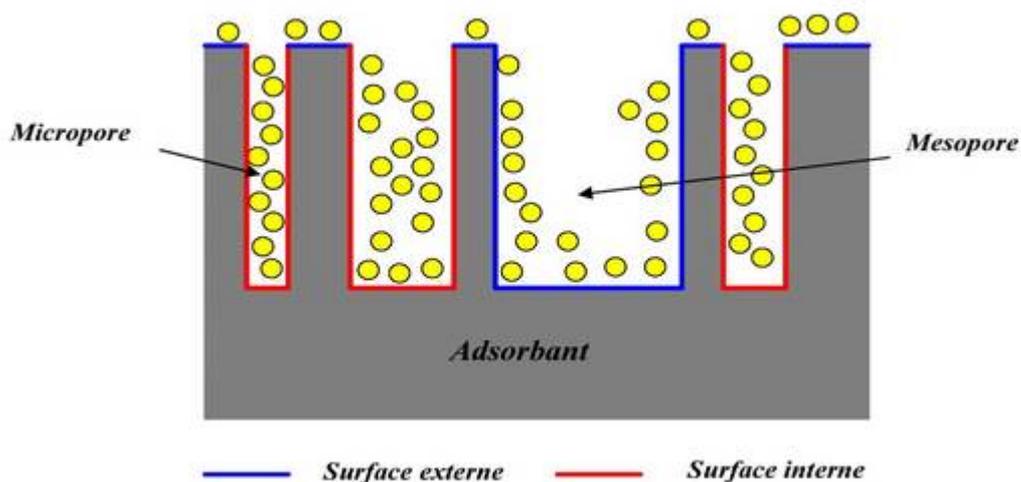


Figure3 : Représentation schématique des surfaces interne et externe d'un charbon actif [6]

2) La distribution de la taille des pores.

3) la nature des groupements fonctionnels à la surface d'adsorbants.

4.6 La nature de l'adsorbat :

- 1) *La solubilité*
- 2) *La polarité*
- 3) *Dimensions moléculaires*

5- Le mécanisme d'adsorption :

La séparation par l'adsorption est basée sur une adsorption sélective (cinétique) des polluants par un adsorbant, ce processus se déroule en plusieurs étapes.

- 1) **Diffusion externe** : elle correspond au transfert du soluté (molécules de la Phase liquide) au sien de la solution à la surface externe de l'adsorbant, le transfert de matière dépend de l'écoulement du liquide sur la surface de l'adsorbant.
- 2) **Diffusion interne** : les molécules de liquide pénètrent à l'intérieur des pores, la diffusion dépende du gradient de concentration du soluté.
- 3) **Diffusion de surface** : elle correspond à la fixation des molécules à la surface des pores de l'adsorbant.
- 4) **Adsorption** : c'est l'étape de fixation [5]

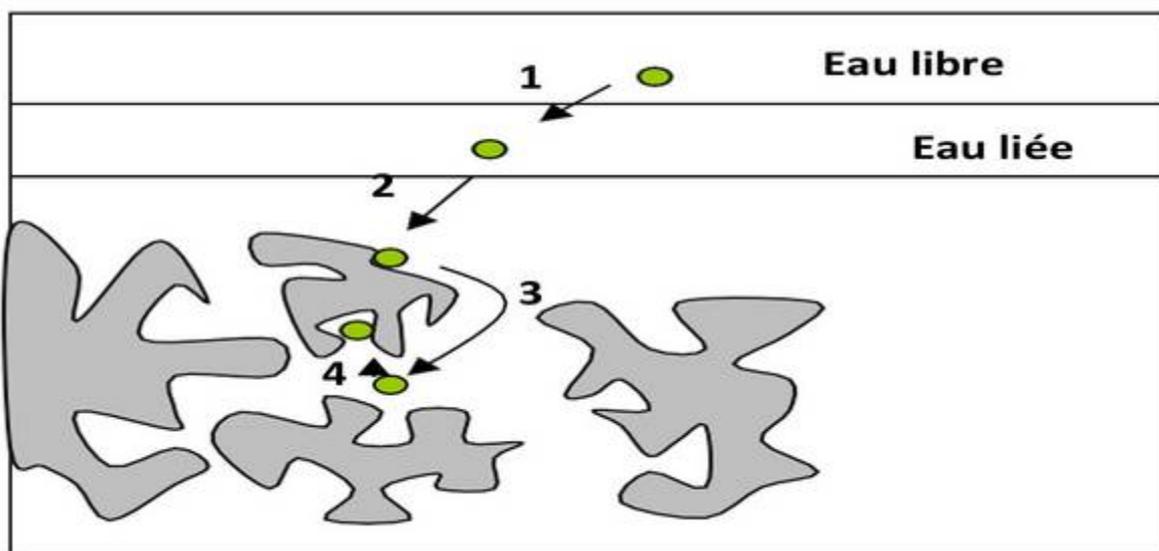


Figure4:Schéma de mécanisme d'adsorption [12]

6-Les isothermes d'adsorption :

6.1-Capacité d'adsorption [13] :

La capacité d'adsorption d'un adsorbant est définie comme étant la quantité de substrat (masse ou volume) adsorbée par unité de poids d'adsorbant pour une température donnée. Elle peut être généralement exprimée par la relation suivante :

$$q = \frac{X}{m} = \frac{C - C_0}{C} \quad (1)$$

Sachant que :

C_0 : concentration initiale de soluté (mg/L)

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

q_e : quantité de soluté adsorbé à l'équilibre par unité de poids de l'adsorbant (mg/g)

m : masse du support (g)

X : quantité de soluté adsorbé à l'équilibre (mg)

V : volume de la solution (L)

6.2-Concept d'isotherme d'adsorption :

Les isothermes d'adsorption sont des courbes expérimentales qui représentent les variations (masse ou volume) du substrat adsorbé (gaz ou liquide) par poids d'adsorbant en fonction de la concentration (en phase liquide) ou de la pression (en phase gazeuse). Elles sont exprimées généralement sous formes d'équations mathématiques, non cinétiques, lesquelles sont obtenues à partir d'expériences réalisées en réacteur statique. Elles permettent essentiellement :

- De déterminer le taux de recouvrement de la surface d'un support par un substrat,
- D'identifier le type d'adsorption pouvant se produire,
- De choisir l'adsorbant qui conviendrait le mieux à la rétention de l'adsorbat.

7-Classification des isothermes.

L'étude de l'adsorption d'un gaz par un solide est en général destinée à fournir des informations sur la surface spécifique et sur la structure poreuse du solide. La quantité de gaz retenue par un échantillon donné dépend de la température T , de la pression p de la vapeur, et de la nature du gaz et du solide

$$q = \frac{X}{m} = \frac{C - C_0}{C} \quad (2)$$

Pour un système particulier à une température donnée, l'isotherme d'adsorption est l'expression de la quantité adsorbée en fonction de la pression

$$q = \frac{X}{m} = f(p) \quad (3)$$

Les isothermes d'adsorption des solutés à solubilité limitée ont été classées par Giles et coll. en quatre principales classes [14] :

Chapitre I : Généralités sur l'adsorption.

- ❖ **Les courbes de type S (Sigmoide)** : s'obtiennent lorsque les molécules du soluté ne s'accrochent au solide, que par l'intermédiaire d'un seul groupement ;
- ❖ **Les isothermes de type L (Langmuir)** : sont les plus fréquentes. Ce comportement se rencontre dans le cas où l'adsorption est faible et lorsque les molécules de l'adsorbat sont orientées à plat ;
- ❖ **Les isothermes de type H (Haute affinité)**: s'obtiennent lorsqu'il y a chimisorption du soluté ;
- ❖ **Les isothermes de type C (partition Constante)**: sont sous forme de ligne droite, ce type de courbe est obtenu lorsqu'il y a compétition entre le solvant et le soluté pour occuper les sites de l'adsorbant.

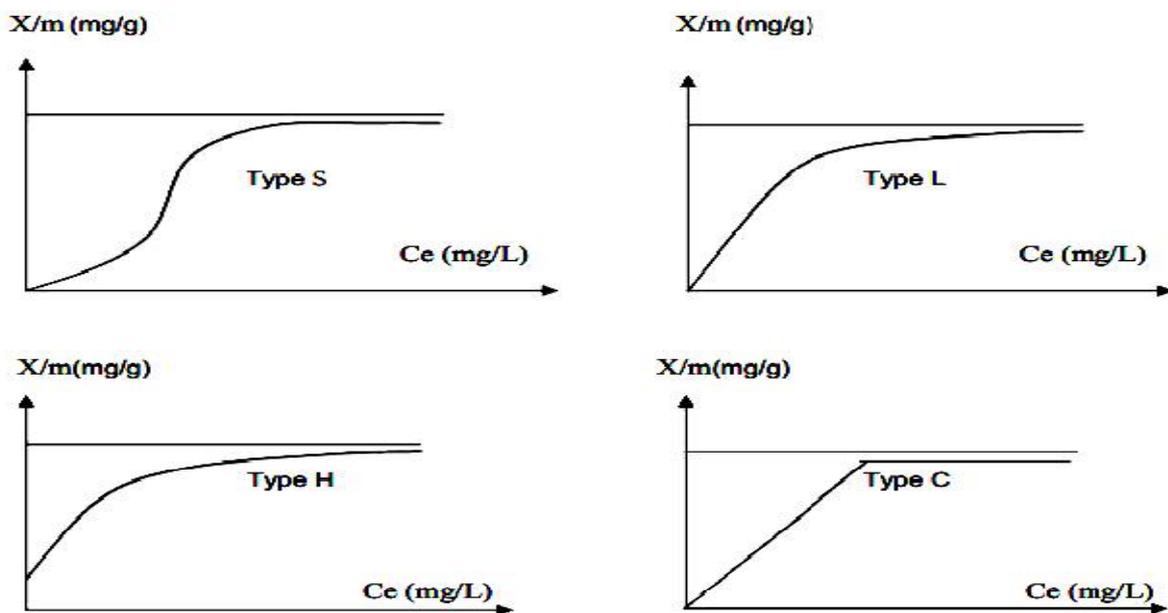


Figure5 : Les différentes courbes des isothermes d'adsorptions (d'après Giles et al, 1960) [5]

8-Modèle des isothermes d'adsorption :

La modélisation mathématique (détermination des droites de corrélation et des paramètres) est basée sur des hypothèses non vérifiables (modèle de Langmuir établi en utilisant des molécules de gaz ...) ou empirique (modèle de Freundlich), mais elle permet d'obtenir un certain nombre d'informations qualitatives et quantitatives comme le type d'interaction (mécanisme d'adsorption, mono ou multi couches, sites d'adsorption...), le phénomène de saturation (quantité maximale de polluant adsorbé, comportement des sites actifs...), ou encore la chaleur d'adsorption (données thermodynamiques).

Chapitre I : Généralités sur l'adsorption.

8.1 Modèle de Langmuir [15] :

L'équation (4) est connue sous le nom de l'équation de Langmuir, qui la proposa en 1915 et la confirma en 1916. Elle décrit les isothermes de type I. Une fois les valeurs de (C_c) et (C_e) déterminées expérimentalement, cette équation permet l'accès aux valeurs de (C) et (C_{cc}), paramètres caractéristiques du modèle de Langmuir. L'équation de Langmuir représente des adsorptions monocouche sans interaction entre les molécules adsorbées, sur une surface ayant un nombre de sites d'adsorption fini, possédant la même énergie.

$$C_c = \frac{C_{cc} C_e}{C_{cc} + C_e} \quad (4)$$

C : Constante de Langmuir ($L \cdot mg^{-1}$).

C_c : Quantité de soluté adsorbée par unité de masse de l'adsorbant à l'équilibre. (mg^{-1})

C_{cc} : Capacité maximale d'adsorption (mg^{-1})

C_e : Concentration de l'adsorbât à l'équilibre ($mg \cdot L^{-1}$).

Les caractéristiques de l'isotherme de Langmuir sont également définies par le facteur de séparation (adimensionnel) C_c , qui est calculé par la relation suivante :

$$C_c = \frac{C}{C_{cc} + C} \quad (5)$$

Si :

- $0 < C_c < 1$ indique que l'adsorption est favorable ;
- $C_c > 0$ l'adsorption défavorable ;
- $C_c = 0$ adsorption irréversible

On remarque que C_c sans unité.

Tableau 2 : Différentes expressions mathématiques du modèle de Langmuir [9]

Isotherme	Expression non linéaire	Expression linéaire	Tracé
Langmuir 1	$q_e / q_m = \theta = C_c C_e / (1 + C_c C_e)$	$1/q_e = (1/C_e) (1/q_m C_c) + 1/q_m$	$1/q_e$ vs $1/C_e$
Langmuir 2	$q_e / q_m = \theta = C_c C_e / (1 + C_c C_e)$	$C_e / q_e = C_e / q_m + 1 / q_m C_c$	C_e / q_e vs C_e
Langmuir 3	$q_e / q_m = \theta = C_c C_e / (1 + C_c C_e)$	$q_e = (-1/C_c) (q_e / C_e) + q_m$	Q_e vs q_e / C_e

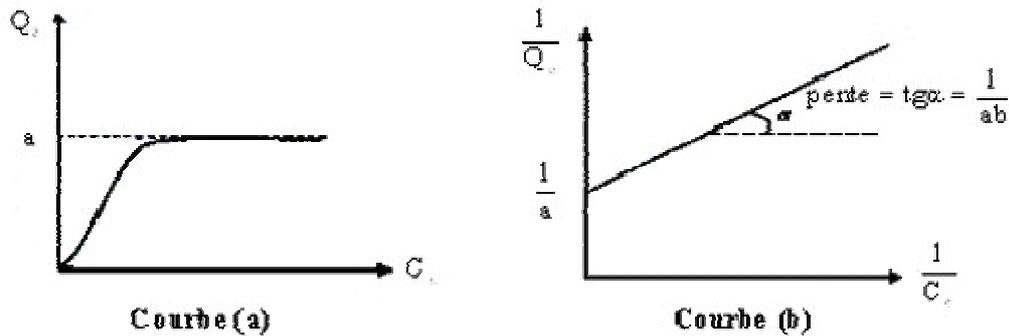


Figure6: (a) isotherme d'adsorption de Langmuir.
 (b) modélisation d'isotherme de Langmuir [5]

8.2 Modèle de Freundlich [15] :

Le modèle d'adsorption de Freundlich est utilisé dans le cas de formation possible de plus d'une monocouche d'adsorption sur la surface et les sites sont hétérogènes avec des énergies de fixation différentes. Il est souvent utilisé pour décrire l'adsorption chimique des composés organiques sur le charbon actif, à des concentrations élevées dans l'eau et les eaux de rejet. L'isotherme d'adsorption de Freundlich repose sur l'équation empirique :

$$C_c = K_F C_e^{1/n} \quad (6)$$

C_c : Quantité adsorbée à l'équilibre (mg/g) ;

C_e : Concentration des polluants sur le solide (mg/l) ;

K_F : Constante empirique corrélée à la capacité de fixation de l'adsorbant ;

n : Constante relative à l'affinité entre l'adsorbant et la surface.

Les valeurs de $n > 1$ indiquent une adsorption favorable, des valeurs de $n < 1$ révèlent une faible adsorption.

Où K_F et $1/n$ sont les constantes de Freundlich, indicatives de l'intensité et de la capacité d'adsorption.

$\frac{C_c}{C_e} = K_F C_e^{1/n - 1}$: La quantité du soluté adsorbée par unité de masse d'adsorbant

Cette formule a été exploitée sous sa forme linéaire par l'équation suivante :

$$\log C_c = \log K_F + \frac{1}{n} \log C_e \quad (7)$$

Il s'agit de l'équation d'une droite sous forme de pente $1/n$ et d'ordonnée à l'origine $\log K_F$.

$1/n$: est l'affinité du soluté pour l'adsorbant et représente la pente de droite.

Selon les valeurs de $1/n$, on distingue :

$1/n = 1$: l'isotherme est linéaire de type C.

Chapitre I : Généralités sur l'adsorption.

$1/n > 1$: l'isotherme est concave de type S.

$1/n < 1$: l'isotherme est convexe de type L.

$1/n \ll 1$: l'isotherme est de type H.

L'extrapolation de cette équation pour $C = C_0$ (concentration initiale en soluté), à condition que C_0 reste une constante, on obtient la capacité ultime d'adsorption (q_m) dans le domaine de Concentration étudié

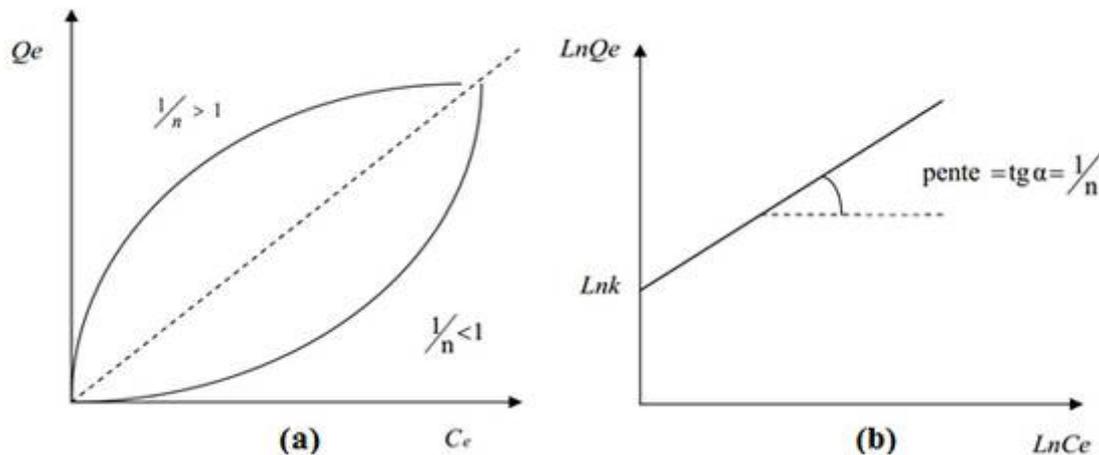


Figure 7 : (a) isotherme d'adsorption de Freundlich.
(b) modélisation d'isotherme de Freundlich [5]

8.3 Modèle B.E.T (BRUNAUER, EMMET et TELLER) [16] :

On 1938 Brunauer, Emmett & Teller ont proposé une théorie de l'adsorption physique reposant sur les hypothèses suivantes :

Les interactions gaz-gaz et gaz-solide sont prises en considération et chaque molécule adsorbée dans une couche est un site d'adsorption pour une molécule de la couche suivante. La vitesse d'évaporation des molécules adsorbées dans une couche est égale à la vitesse de condensation sur la couche du dessous ; La chaleur d'adsorption dans les couches (à l'exception de la première) est égale à la chaleur de liquéfaction du gaz ; A la saturation on peut considérer que le nombre de couches adsorbées est infini.

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

$$\frac{C}{C(C^C C C)} = \frac{C}{C_C C} + \frac{(C C C) C}{C_C C C^C} \quad (8)$$

Avec :

P : La pression à l'équilibre ;

C^C : La pression de vapeur saturante du gaz adsorbé à la température d'expérience ;

Chapitre I : Généralités sur l'adsorption.

V : La quantité de gaz adsorbée ;

V_m : Le volume de gaz nécessaire pour recouvrir entièrement la surface du solide d'une couche mono moléculaire d'adsorbant ;

C : Constante BET (indicateur de l'affinité de la molécule adsorbée pour le solide) donnée (approximativement) par l'équation suivante :

$$C = \frac{C_0 C_0 C_0}{C_0} \quad (9)$$

E₁ : La chaleur d'adsorption de la première couche ;

E_L : La chaleur latente de liquéfaction de la vapeur à la température considérée.

R : constante des gaz parfaits (J/mol.K) (8.314 J.K⁻¹ .mol⁻¹)

T : température en kelvin (K)

La surface spécifique S_{BET} (m² /g) du solide est égale à la surface occupée par une molécule de vapeur, σ, multipliée par le nombre de molécules contenues dans C₀ , c'est-à-dire :

$$C_0 C_0 C_0 = C \frac{C_0 C_0}{C_0} \quad (10)$$

Avec :

σ : La surface occupée par une molécule de vapeur (Å²) ;

C₀ : Nombre d'Avogadro (6.023.10²³.mol⁻¹) ;

C₀ : Volume molaire, (volume occupé par une mole de vapeur).

La relation (10), devient :

Si le gaz utiliser est l'azote, à 77K, σ =16.2 Å² , dans ce cas on peut écrire :

$$C_0 C_0 C_0 = 4,357.C_0 \quad (11)$$

9-Cinétique d'adsorption:

La connaissance de la cinétique de l'adsorption présente un intérêt pratique considérable pour la mise en œuvre optimale d'un adsorbant dans une opération industrielle fondée sur les phénomènes d'adsorption, ainsi que pour connaître les facteurs conduisant à la cinétique la plus rapide possible.

Divers modèles de la cinétique d'adsorption sont utilisés afin d'étudier le mécanisme du processus d'adsorption tel que la réaction chimique, la diffusion et le transfert de masse Deux modèles cinétiques sont souvent utilisés pour l'analyse des résultats expérimentaux [5].

9.1-Le modèle de pseudo-premier ordre:

En 1898, Lagergren a proposé un modèle cinétique de pseudo premier ordre exprimé par la relation :

$$\frac{C_0 - C}{C_0} = C_0(C_0 - C) \quad (12)$$

Où:

Chapitre I : Généralités sur l'adsorption.

k_1 : constante de vitesse d'adsorption de pseudo-premier ordre (temps⁻¹).

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

q : quantité adsorbée au temps t (mg/g).

t : temps (min).

Après intégration avec les conditions initiales $q = 0$ à $t = 0$; l'équation devient :

$$k_1(C_C - C) = k_1 C_C - C_C t \quad (13)$$

9.2-Le modèle de pseudo-second ordre :

Le modèle pseudo-second-ordre est donné par l'expression suivante :

$$\frac{C_C}{C} = C_C(C_C - C)^{-2} t \quad (14)$$

Où:

K_2 : constante de vitesse d'adsorption de pseudo-second ordre (g/mg.min).

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

q : quantité adsorbée au temps t (mg/g).

La linéarisation de l'équation précédente donne :

$$\frac{C}{C} = \frac{C}{C C_C} + \frac{C}{C_C} t \quad (15)$$

9.3-Le modèle de diffusion intra-particulaire :

L'équation est donnée par : $C = C_C C^{0.5} + C \quad (16)$

Où:

C_C : La constante de la diffusion intra particulaire (mg/g.min^{0.5})

Chapitre II :
Généralités sur les adsorbants

1-Les grands types d'adsorbants :

Tous les solides agissant comme adsorbants sont caractérisés par la structure microporeuse qui leur confère une très grande surface active par unité de masse. Les adsorbants utilisés dans la pratique sont, soit de nature organique (végétale ou animale), soit de nature minérale. Ils sont employés tels quels ou après un traitement d'activation ayant pour but d'augmenter la porosité. Les adsorbants sont en règle générale des matériaux poreux. De manière approximative, les pores peuvent être assimilés à des canaux cylindriques de diamètre (d). Selon la valeur de (d) les pores sont classés dans l'une des trois catégories suivantes : les micropores si d est inférieur à 2 nm, les mesopores si (d) est compris entre 2,5 et 50 nm et les macropores si la valeur de (d) excède 50 nm [17]

2-Les principaux adsorbants :

Les critères de performance d'un adsorbant sont sa capacité d'adsorption, sa sélectivité, son aptitude à la désorption et enfin son prix. Les principaux adsorbants sont les alumines, les gels de silices, les zéolites, les argiles et les charbons actifs. Il en existe également d'autres : les résines, les polymères

On distingue cinq grands types d'adsorbants industriels : les charbons actifs, les zéolithes, les alumines, les gels de silice, les argiles activées. La fabrication de ce type de matériaux environ 150 000 t.an-1 de zéolithes pour adsorption, 400 000 t.an-1 de charbons actifs, 75 000 t.an-1 d'alumines activées, 400 000 t.an-1 d'argiles et 25 000 t.an 1 de gels de silice [17].

3-Histoire du charbon actif :

L'industrialisation du charbon actif proprement dit commence du début du XXème siècle pour répondre aux besoins des raffineries de sucre. . Ces premiers charbons actifs sont obtenus par carbonisation de matériaux végétaux .La production des charbons actifs s'intensifie pendant la première guerre mondiale en raison de la prolifération des gaz toxiques et du développement des masques à gaz. Aujourd'hui, la production mondiale annuelle en charbons actifs a atteint 420000 tonnes. Le caractère non sélectif des charbons actifs leur assure une place de choix sur le marché des adsorbants en dépit de l'apparition récente de nombreux concurrents en particulier les zéolites, principales rivales des charbons actifs qui présentent les mêmes propriétés que les charbons actifs en termes de conductivité et de résistance à la chaleur avec une répartition de taille de pores très étroite [17].

4- Définition

Le charbon actif est un matériau poreux c'est- à-dire qu'il possède des cavités ou des canaux appelés pores. Il est utilisé depuis longtemps dans l'industrie pour l'épuration de fluides ou dans l'industrie chimique pour ses capacités de catalyse.

Les charbons actifs sont les adsorbants les plus fabriqués et les plus employés dans l'industrie. Ils sont obtenus par des processus de carbonisation suivis d'une activation à partir de nombreux matériaux carbonés tels que le bois, le charbon, la noix de coco, , grain d'olives [1]

Résidus agricole [5-6],des noyaux du palmier dattier et des coquilles des noix [8], déchets de café [14] , noyaux de dattes[18], Les tiges de palmiers dattier [19-20], Coques de noix du Brésil [21], feuilles de Cattial[22],coquilles d'œufs [23]....etc.



Figure 1: charbon actif

5-Les différentes formes du charbon actif :

5.1-Charbon actif en poudre (CAP) [9-24] :

Le charbon actif en poudre ou CAP prend la forme de grains, 95-100 % de ces particules traverseront un tamis de maille donnée. Par exemple la norme ASTM D5158 classe les particules de diamètre inférieur ou égal à 0.177 mm comme CAP.



Figure 2: Charbon actif en poudre

Tableau 1: les avantages et les inconvénients du charbon actif en poudre [9].

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Le charbon actif en poudre est 2 à 3 fois moins cher que le charbon actif en granulé	Le charbon actif en poudre ne peut pas être régénéré quand il est mélangé avec des boues d'hydroxyde
Des quantités supplémentaires peuvent être rajoutées en cas de pointes de pollution accidentelles ou temporaires	Il est difficile d'enlever les dernières traces d'impuretés sans ajouter une quantité très importante de charbon actif en poudre
L'adsorption est rapide dans la mesure où une grande partie de la surface de contact est directement disponible	La détection des pointes de pollution est problématique et sa concentration applicable est limitée

5.2- Charbon actif granulé (CAG) :

Le CAG peut être soit en forme granulée soit extrudée il est représenté par des tailles telles que 8x20, 20x40, ou 8x30 pour des applications en phase liquide et par 4x6, 4x8 ou 4x10 pour des applications en phase vapeur. Par exemple, un charbon 20x40 est formé de particules traversant une maille standard américaine N° 20 (0.84 mm) mais retenues par une maille N° 40 (0.42 mm).



Figure 3: Charbon actif granulé

La taille 8x30 est la plus utilisée pour de nombreuses applications. Le tableau suivant donne quelques mailles et leurs désignations équivalentes (N° ASTM).

Chapitre II : Généralités sur les adsorbants

Tableau 2 : Désignation de maille selon ASTM E11-95 et leurs équivalents (mm)[1].

Ouverture (mm)	N° ASTM	Ouverture (mm)	N° ASTM	Ouverture (mm)	N° ASTM
4.75	4	0.600	30	0.075	200
4.00	5	0.180	80	0.038	400
2.36	8	2.00	10	1.7	12
0.850	20	0.150	100	0.025	500
0.710	25	0.09	170	0.020	635

Le charbon actif granulé est utilisé dans des différents types dans le système de traitement des eaux pour la réduction des oxydants chlorés résiduels et une très faible élimination de certains sous produits de désinfection tels que les bromates et les chlorates, et aussi utilisé pour enlever la turbidité et pour dissoudre des composés organiques, l'odeur, les taches, les colorants.

Tableau 3: les Avantages et les Inconvénients du charbon actif en granulé [9]

<i>Avantages</i>	<i>Inconvénients</i>
Le choix du type de charbon actif est également déterminant sur le rendement de l'élimination	Une durée de vie limitée.
Il a une grande capacité d'adsorption pour les substances organiques en particulier les solvants.	Pré filtration: les carburants dissous et matières en particules peuvent rapidement encrasser le charbon, nécessitant un prétraitement dans la plupart des cas
Il retient un grand nombre de substances chimiques en même temps	Coût: le besoin de remplacer régulièrement le charbon épuisé rend le charbon actif granulé plus cher que le stripping pour des concentrations élevées de contaminants
Il fonctionne bien dans un domaine large de température et d'humidité	Déchets dangereux : tout le charbon doit être finalement jeté, puisque il ne peut être régénéré qu'un certain nombre de fois, ou pas du tout dans le cas de l'adsorption de métaux ou de résidus d'explosifs. Selon les caractéristiques du charbon épuisé, il peut être jeté comme déchet dangereux.

5.3- Les fibres de charbon activé [17] :

Une nouvelle forme de charbon actif consiste en une Fibre de Carbone Activé (FCA) d'origine naturelle ou synthétique sous forme de matériau carboné poreux.

Présentant de nombreux avantages par rapport aux charbons actifs en grains. Leur surface spécifique élevée associée à leur microporosité très développée, confèrent aux FCA une grande capacité à adsorber les molécules organiques. Elles sont capables de piéger un large spectre de polluants allant des composés organiques volatils aux substances toxiques non biodégradables (pesticides, détergents,...).

Elles peuvent s'intégrer dans des installations existantes tels que les systèmes de climatisation, les appareils d'air conditionné, les filtres à air d'habitacles automobiles, les filtres domestiques ou industriels.

6-Types de charbon actif [3] :

6.1-La biomasse :

La biomasse est le terme utilisé pour décrire l'ensemble des êtres vivants (végétal ou animal). Elle peut être employée comme combustible solide, ou être convertie en formes liquides ou gazeuses pour la production de l'électricité, de la chaleur, des produits chimiques ou des carburants. La biomasse lignocellulosique (Les déchets agricoles) représente une des ressources renouvelables les plus abondantes sur terre. L'homme, pendant des milliers d'années, à exploité la biomasse pour extraire de l'énergie.

6.2-La biomasse végétale :

Le charbon actif végétal est obtenu par pyrolyse de différents composés : noix de coco, noyaux de fruits, bois. Par le processus de carbonisation qui se réalise à température élevée en absence de l'oxygène et la présence d'un flux de gaz inerte, ce processus est suivi d'une activation en présence d'un agent actif pour que la surface d'adsorption du charbon soit augmentée.

7. La préparation du charbon actif :

7.1- la pyrolyse :

La pyrolyse est la décomposition thermique d'un matériau organique sous vide ou sous atmosphère inerte (on utilise l'azote généralement) à des températures allant de 400 à 1000°C ; les hétéroatomes (oxygène et hydrogène) sont éliminés sous l'effet de la chaleur et le matériau devient plus riche en carbone. Les atomes de carbone se retrouvent dans les feuillets aromatiques possédant une certaine structure planaire. Ces feuillets s'arrangent ensuite de manière irrégulière laissant ainsi des interstices entre eux. Ces interstices donnent naissance à une porosité primaire du produit carbonisé. Les différents paramètres déterminants la qualité, les propriétés et le rendement du carbonisât sont :

Chapitre II : Généralités sur les adsorbants

- ❖ La vitesse du chauffage du four.
- ❖ La température finale de pyrolyse.
- ❖ Le temps de résidence dans le four.
- ❖ La nature du matériau de départ.

Le produit de la carbonisation ne possède en général qu'une porosité peu développée et ne peut être employé comme adsorbant sans un traitement supplémentaire d'activation entraînant une augmentation sensible de sa surface spécifique [23]

7.2- L'activation :

L'activation consiste à développer la structure poreuse en éliminant les goudrons obstruant les pores et en créant des fonctions de surface (généralement oxydées) qui provoquent des interactions entre le solide et les molécules adsorbées. Cela peut être physique ou chimique.

- Activation physique :

Permet de développer des pores existants et d'en créer d'autres. Elle est réalisée entre 600 ° C et 1000 ° C en présence d'un gaz faiblement oxydant (air), de vapeur d'eau, de CO₂ ou d'un mélange de ces gaz [22].

- Activation chimique :

Le traitement chimique est plutôt utilisé avec le bois. Il consiste à imprégner le produit de départ d'une solution concentrée d'agent hautement oxydant ou desséchant (acide phosphorique, chlorure de zinc, etc.), le matériau subit ensuite une pyrolyse entre 400 ° C et 800 ° C en l'absence d'air, puis est lavé et séché. Le charbon actif est ainsi obtenu en une seule étape. C'est le degré d'imprégnation du matériau oxydant qui définit la structure poreuse finale.

Après activation, le charbon actif acquiert une structure poreuse poly-dispersée : les pores ont des formes et des tailles différentes, la distribution poreuse dépend de la nature de la matière première, mais aussi des conditions d'activation, les propriétés physicochimiques du carbone peuvent donc, varier pour le même précurseur.

8. Les propriétés charbon actifs :

8.1- Propriétés physiques :

- Structure du charbon actif :

Un charbon actif est constitué d'un agencement désordonné de microcristaux de tailles variables (5 à 150 Å). Chaque microcristal est constitué par un empilement irrégulier de 5 à 20 feuillets distants de 3,6 Å (Figure 4). La présence d'hétéroatomes conduit suivant le mode de fabrication du charbon actif à la formation de groupements fonctionnels sur les arêtes des microcristaux [23-24] .

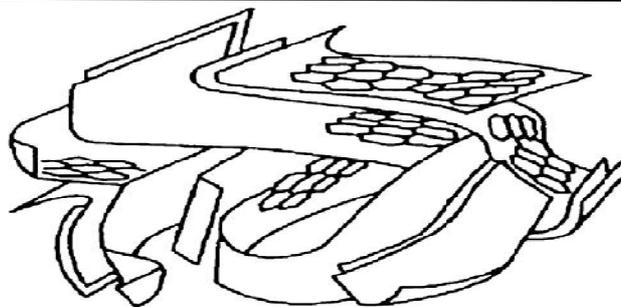


Figure 4: la Structure d'un charbon actif

- La surface spécifique (aire massique) :

La surface développée par le charbon actif et qui tient compte de toutes les irrégularités existantes à l'échelle moléculaire, elle est rapportée à l'unité de masse de charbon et peut atteindre 2700 m²/g [23-24].

-La porosité :

Représente la fraction du vide existant dans le charbon actif. Elle peut atteindre 80 % et dépend des dimensions des pores et de leurs distributions. Les pores sont généralement classés suivant leurs tailles en trois catégories comme l'indique le tableau et la figure ci-dessous

Tableau4 : Classification de porosité [23-24]

Type de pores	Rayon (nm)	Surface spécifique (m ² /g)	Volume massique (ml/g)
Micropores	< 2	600-1500	0.2 – 0.6
Mésopores	2 – 50	20-70	0.02 – 0.1
Macropores	> 50	0.5-2	0.2 – 0.8

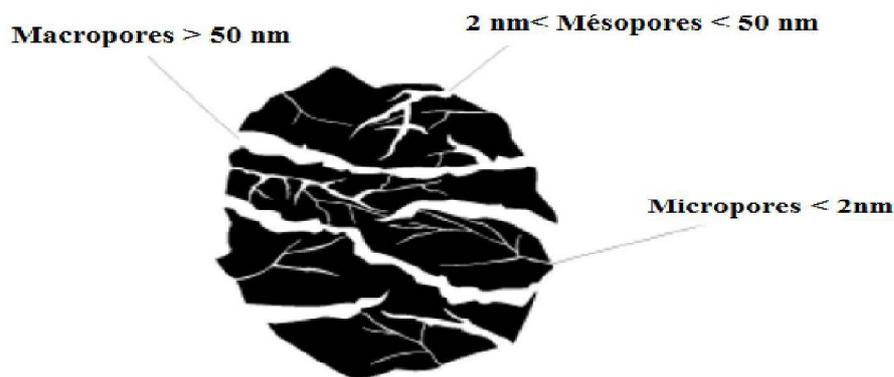


Figure 5 : Représentation de la Structure poreuse de charbon actif.

8.2- Propriétés chimiques :

Les groupements carboxyliques, anhydrides carboxyliques, phénoliques, carbonyles et lactones sont les plus couramment rencontrés. Ces groupements de surface sont à l'origine du caractère hydrophile du charbon actif et de son potentiel électrocinétique. Ils confèrent au charbon actif des propriétés acido-basiques [23] .

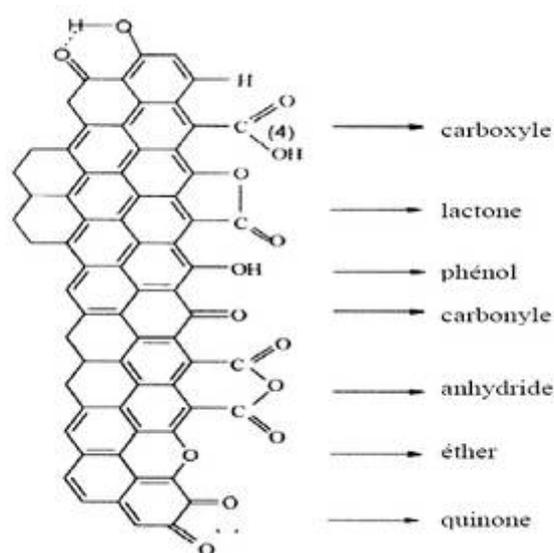


Figure 6 : les Groupements de surface du CA.

9. La Régénération Du Charbon Actif :

Le charbon actif est un produit relativement coûteux. Une fois tous les sites d'adsorptions saturés, le charbon actif est dit saturé ou sursaturé, c'est pourquoi il est très souvent régénéré.

La régénération appelée aussi réactivation consiste à désorber les molécules captées par le charbon actif. Il existe quatre méthodes de régénération [3].

Chapitre II : Généralités sur les adsorbants

9. 1- Régénération à la vapeur :

Cette méthode est réservée à la régénération des charbons actifs qui ont simplement adsorbés des produits très volatiles. Cependant, le traitement à la vapeur peut être utile pour déboucher la surface des grains de charbon. Le chauffage du charbon actif est très rapide. Les molécules d'eau s'adsorbent et chassent les molécules présentes. Un refroidissement à température ambiante du flux sortant provoque la condensation de la vapeur et des composés désorbés [3-26].

9.2- Régénération thermique :

Cette opération est réalisée par pyrolyse ou en brûlant les matières organiques adsorbées par les charbons actifs. Le charbon actif est chauffé à environ 800°C sous atmosphère contrôlée.

Cette opération se fait dans des fours verticaux à plateaux où le temps de séjour est de 90 minutes. C'est la méthode de régénération la plus largement utilisée et régénère parfaitement les charbons actifs. Cependant, elle a quelques désavantages : très coûteuse avec l'achat de plusieurs fours, il y a une perte de charbon de l'ordre de 7 - 10%. L'utilisation de fours électriques réduit ces pertes [3-26].

9.3- Régénération biologique :

Elle consiste à utiliser des bactéries. Cette méthode de régénération n'a pas encore été appliquée à l'échelle industrielle [3-26].

9.4- Régénération chimique :

Ce procédé fait appel à un solvant utilisé à une température de 100°C. Cette méthode est utilisée pour minimiser les pertes de charbon actif (1%). Les polluants sont ensuite détruits par incinération [3-26].

10. Applications du charbon actif :

- **Traitement de l'eau potable :** Élimination de :
 - Mauvais goût provenant de la décomposition de matériel organiques et de développements bactériens.
 - Molécules organiques tels que les résidus de pesticides
- **Traitement des gaz et biogaz :** Élimination de :
 - C_c C et mercaptans.(fétide)
 - COV (aromatiques, hydrocarbures, halogènes, alcanes, alcènes, alcools, amines...).
- **Traitement des odeurs :** Élimination des odeurs de :
 - Composés soufrés tels que les mercaptans. Provenant de la décomposition de matériel organiques et de développement bactérien [3].

Chapitre III :
Partie expérimentale

1. Généralités sur la plante du roseau :

Nom scientifique : phragmites communis

Nom vernaculaire : Guesab (roseaux)

Type biologique : Vivace

C'est une plante vivace qui appartient à la catégorie Les plantes aquatiques. Sa couleur va du vert au jaune clair. Sa durée de vie s'étend sur plus de deux ans. Elle a des tiges moulues qui s'étendent de 40 à 200 cm à l'intérieur du sol. Elle pousse près des cours d'eau et dans les zones humides. La hauteur de la plante atteint plus de trois mètres, et la tige C'est une tige creuse et dure qui jaunit, tolère la salinité et la sécheresse et résiste aux conditions environnementales difficiles. Elle a une capacité de propagation rapide et est l'une des plantes avec une végétation abondante et une productivité élevée par unité de surface. Il a des utilisations environnementales dans la mesure où les racines jouent le rôle d'hôte pour les bactéries aérobies, où la plante absorbe l'oxygène De l'air, puis le déplacer vers les racines ci-dessous et l'injecter dans l'environnement de croissance, augmentant ainsi le pourcentage d'oxygène dissous dans l'environnement à plus de 100 fois, puis cet oxygène oxyde la matière organique présente dans les eaux usées, réduisant ainsi les odeurs désagréables..



Figure 1 : tiges de roseaux

2. Préparation de charbon actif :

Introduction :

Pour préparer les charbons actifs peut être utilisé comme les grain d'olives [1], Résidus agricole [5-6], des noyaux du palmier dattier et des coquilles des noix [8] , déchets de café [14] , noyaux de dattes[18], Les tiges de palmiers dattier [19-20], Coques de noix du Brésil [21], feuilles de Cattial[22],coquilles d'œufs [23]. Les agents activant utilisés sont principalement C_cCC_c , $ZnCl_2$, KOH , etc.....

Chapitre III :partie expérimentale

Dans notre travail, on utilise les tiges des roseaux (phragmite communis) Ce que nous avons obtenu de Forest ELNZLA TOUGGOURT comme matière première pour préparer un charbon actif par voie chimique

L'étude comprend deux étapes :

La première étape est la préparation adsorbants (**charbons actifs**) on utilise l'acide phosphorique H_3PO_4 comme agent activant.

La deuxième étape est la caractérisation de ces adsorbants (**charbons actifs**) préparées, par l'adsorption de phénol.

Le choix de cet agent activant, H_3PO_4 à cause de plusieurs avantages :

1/c'est un agent non polluant (comparé à $ZnCl_2$).

2/ l'élimination est possible par lixiviation dans l'eau.

3/ le recyclage de cet agent est possible après lavage à l'eau. De plus l'utilisation d'acide phosphorique donne la possibilité de développer des charbons microporeux et/ou méso poreux dont la surface spécifique dépend de la température d'activation [14].

Tableau III.1 : Les propriétés de l'acide phosphorique utilisé H_3PO_4 :

La densité	1.7g/cm ³ à 20 C°
pureté	85%
Masse molaire	M=98g/mol
origine	Biochemopharma

Le mode de préparation des charbons actifs ce fait selon le diagramme suivant :

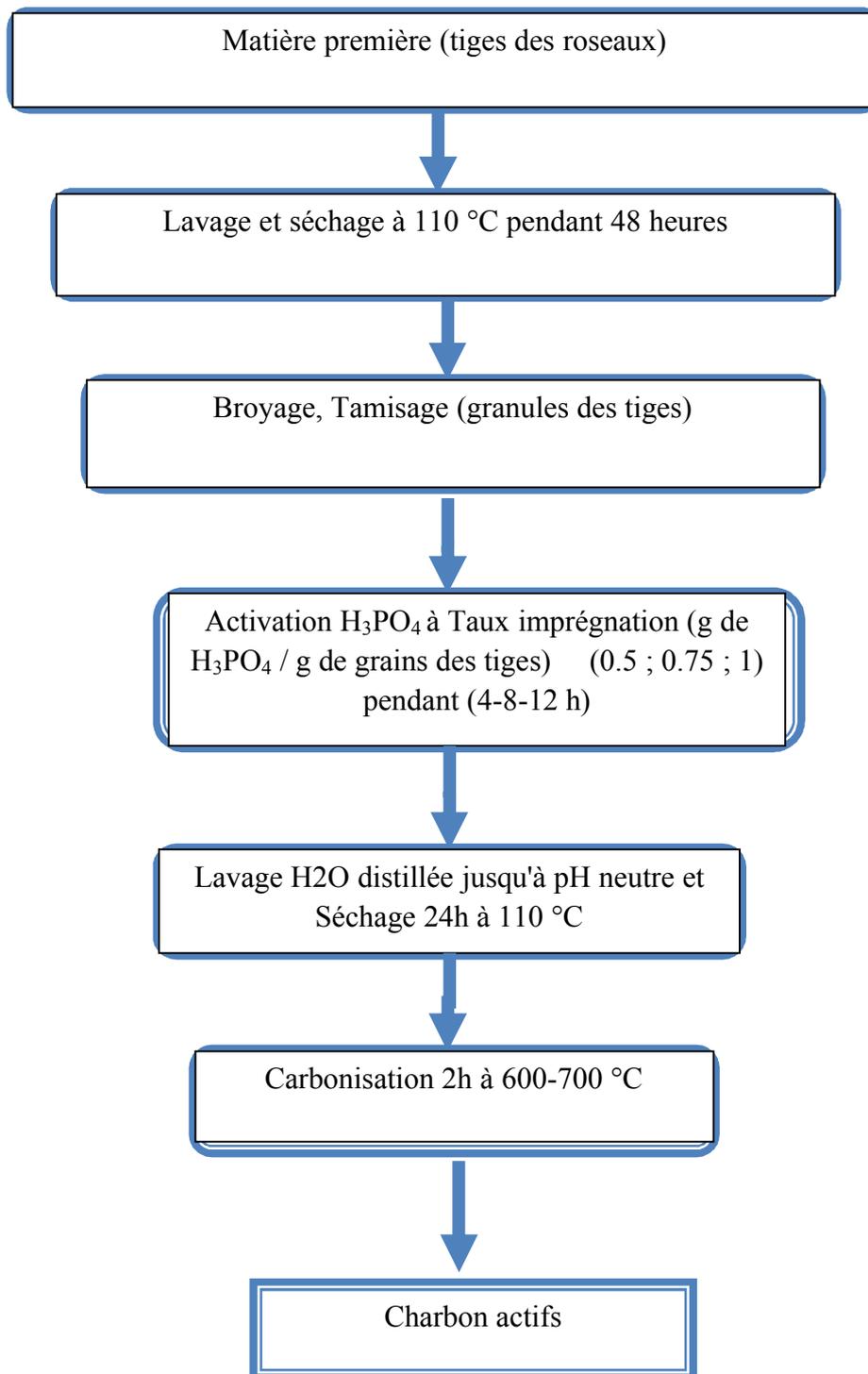


Figure III.2 : l'organigramme Préparation des charbons actifs obtenus par les tiges des roseaux

3. Caractérisation des charbons actifs obtenus :

La caractérisation d'adsorption se fait par d'un composé organique le phénol. Suivant l'organigramme préssident.

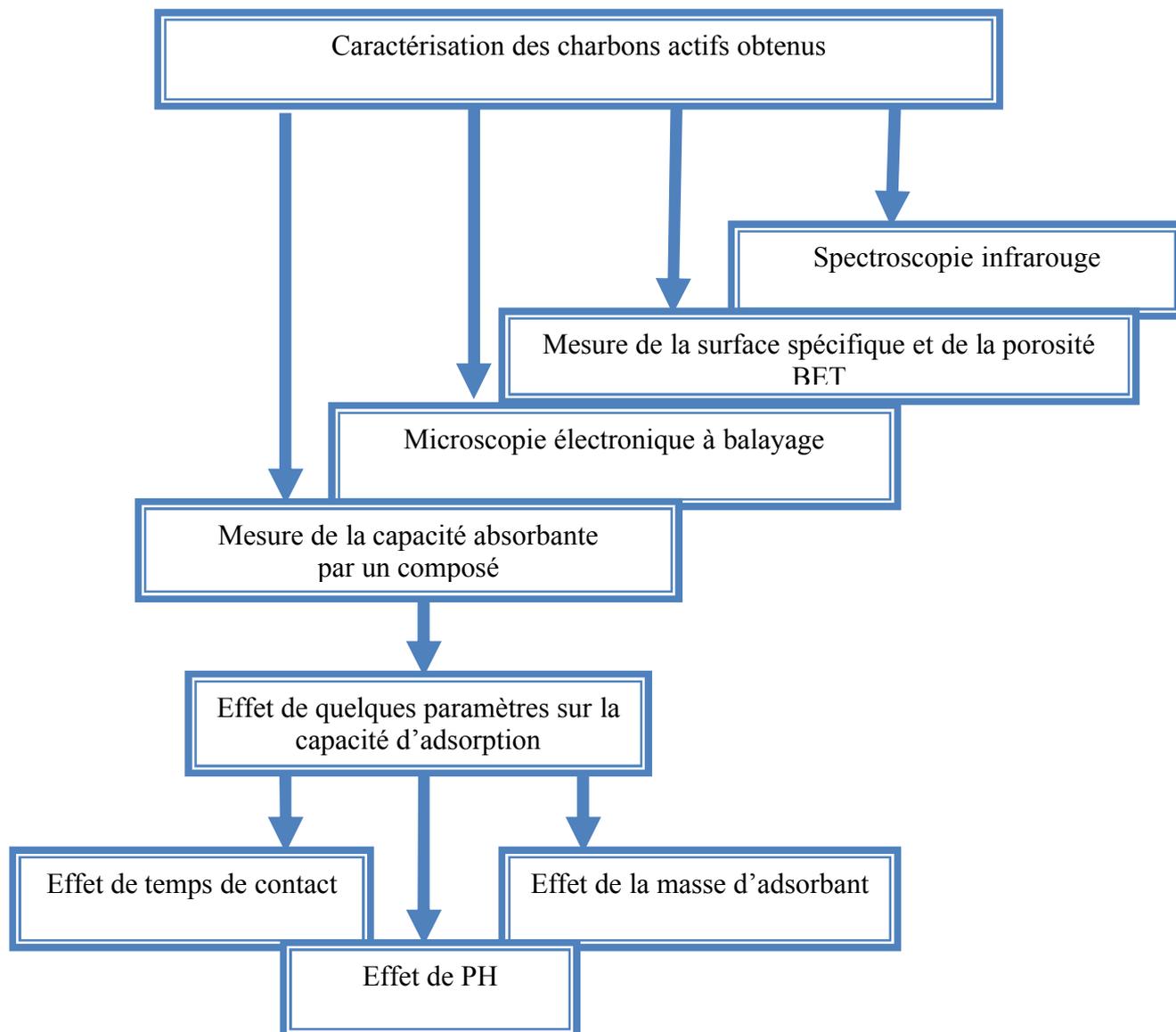


Figure III.3 : l'organigramme Caractérisation des charbons actifs obtenus par les tiges des roseaux.

Quelques études antérieures sur la préparation des charbons actifs par activation chimiques sont illustrées dans le tableau suivant

Chapitre III : partie expérimentale

Tableau N°1 : Quelques travaux bibliographiques sur l'activation chimique

Matière première	Procédé	Conditions de pyrolyse	Conditions d'activation	Rendement massique (%)	Surface spécifique BET	Volume des pores	Référence
date pits DP : brute DPH : activée	Carbonisation : (5 °C min ⁻¹) (150 rpm) Activation(85% C ₆ H ₆) (1g DP/2 mL C ₆ H ₆) d(0.5-1 mm)	T _{py} : 500 °C t _{py} : 1 h	T _{ac} : 500 °C t _{ac} : 24 h		(DP) : S BET : 0.098 (DPH) SBET : 1040	VT : 1.089	Badreddine Belhamdia, Zoulikha Merzougua, 2019
coffee waste A, B, C, D	Carbonisation : (150 rpm) +Activation (C ₆ H ₆)taux d'imprégnation de (1: 1) / d (5 mm)	T _{py} : 350 °C t _{py} : 3 h	T _{ac} : 350 °C t _{ac} : 3 h		20.134 28.528 4.856 6.358	0.3670 0.5389 0.3888 0.4652	Rodrigo Poblete Chávez, 2018
olive stones Ne°(1-10)	Carbonisation : (10 °C min ⁻¹) (400 rpm) + Activation(C ₆ H ₆ /C ₆ H ₆) impregnation rate of (1:1)	T _{py} : 600 °C t _{py} : 1 h	T _{ac} : 600 °C t _{ac} : 7h		189/ 1,194/ 1,254/ 691.50/ 721.50/ 1,224/ 879/ 534/ 1,036.50/ 1,066.50 UOSH : 1,254 UOSZ : 1,194 d (0.5-1mm)		F. Boudrahem, 2019
branches of palm trees	Carbonisation : (10 °C min ⁻¹) / (5 °C	T _{py} : 700 °C	T _{ac} : 500 °C		APBH 20 : 157	0.070	Soheir Khedr, Mona Shouman, 2 April 2014

Chapitre III : partie expérimentale

APBH : active de C_cCC_c APBK : active de C_cCC_c	min-1) (250 rpm) + Activation (20 - 50%) C_cCC_c et C_cCC_c	tpy : 1 h	tac : 2 h		APBH 50 : 401.3 APBK : 215 d (2-3 mm)	0.134 0.091	
pecan shell	Carbonisation : (10 °C min-1) (150 rpm) + Activation (30% C_cCC_c taux d'imprégnation (1.5)	Tpy : 500 °C tpy : 1 h	Tac : 500 °C tac : 24 h		1130	0.34	Yanping Guo, 2006
Tourteaux de Karité tourteaux de Coton	Carbonisation+ Activation (40% C_cCC_c a 6h taux d'imprégnation (1.5)	Tpy : 300-800 °C tpy : 1-5 h	Tac : 300-800 °C tac : 2-11 h		d (0.4-2.5 mm)		Ibrahim TCHAKALA *, L. Moctar BAWA, 2012
Palm kernel shell coconut shell	Carbonisation (10 °C min-1) + Activation (30% C_cCC_c) taux d'imprégnation (1.1) à 2 h	Tpy : 600-800 °C tpy : 75 min	Tac : 714-715 °C tac : 75 min		135.97 204.64 d (2-5 mm)	0.24 0.28	Chuan Li Lee1, Paik San H'ng1,2, 2019
Noyaux de jujubes (NJAP) CA-C	Carbonisation+ Activation (C_cCC_c taux d'imprégnation (1/3) à 48 h	Tpy : 475 °C tpy : 2 h	Tac : 475 °C tac : 2 h		1720.7 1009.54 d (0.5-1 mm)	1.26 0.53	M. Daoud et O. Benturki, (2014)
Coque de noix de coco	Carbonisation+ Activation (12.5-50% C_cCC_c) taux d'imprégnation (0.7-	Tpy : 500 °C tpy : 2 h	Tac : 500-700 °C tac : 2 h	37,91	SBET : 1264,0 1309,2 1519,0 1653,7	0,5843 0,7714/ 1,2234/ 1,4280/	Clément K. BALOGOUN , Moctar L. BAWA, 2015

Chapitre III :partie expérimentale

	1.5)				1448,6 1464,3 d(2-2.5mm)	0,9139/ 0,9332					
Coffee grounds ACP(produite) ACC(commercial)	Carbonisation+ Activation (12.5- 50% C_cCC_c et C_cCC_c)	Tpy : 600 °C tpy : 45 min	Tac : 600 °C tac : 45 min		ACP : 640 ACC : 950	0.95 1.29					A. Namane ,6 December 2004
Date pits (DP) Cotton stalks (CS) peach stones (PS) almond shells (ALS) olive stones (OS)	Carbonisation+ Activation (50% C_cCC_c)	Tpy : 400-500 °C tpy : 2 h	Tac :400- 500 °C tac : 6 h		771 1183 1346 1279 848	0.537 1.055 0.935 1.011 0.632					A.A.M. Daifullah, B.S. Girgis, 2002
Corncobs	steam activated(850°C) Carbonisation : (5 °C min-1) + Activation (50% C_cCC_c) taux d'imprégnation (1.1)	Tpy :500 °C tpy :2 h	Tac :850 °C tac :2 h		C500 :39 C600 :618 C700 :786 C850 :607 CP-55 :960 d (0.5-2mm)	0.075 0.321 0.430 0.296 0.629					Abdel-Nasser A. El- Hendawy, 2000
Date pits	Carbonisation (5 °C min-1) + Activation (85 % C_cCC_c) taux d'imprégnation (0.72-1.68)	Tpy : 300-700 °C tpy : 2 h	Tac : 300- 700 °C tac : 2 h		300	500	7 0 0	300	500	700	Badie S. Girgis*, Abdel- Nasser A. El- Hendawym,2001
					28 /33/ 68/ 71/ 86 d (0.5- 2mm)	546 498 556 647 635	7 4 0 7 3 3 9 4	0.03 4 0.01 7 0.05 6 0.08 2	0.30 4 0.32 1 0.29 6 0.43 7	0.37 2 0.48 2 0.54 5 0.41 5	

Chapitre III :partie expérimentale

							5 5 2 0 5 2 2	0.04 0	0.45 9	0.32 9	
Cotton stalks	Carbonisation (5 °C min ⁻¹) + Activation (20-85 %C _c CC _c)	Tpy : 500 °C tpy : 2h	Tac : 500 °C tac : 2 h		CS-1 :524 CS-2 :860 CS-3 :938 CS-4 :858 CS-5 :1032 CS-6 :810 CS-7 :639 CS-8 :747			0.79 0.83 0.82 0.86 1.43 1.01 0.75 0.76			Badie S. Girgis a,), Mona F. Ishak b, 1998
Giant Reed	Carbonisation+ Activation(50 % C _c CC _c)	Tpy : 500 °C tpy : 30 min	Tac : 500 °C tac : 30 min	17	1194			1.03			M. C. Basso a b & A. L. Cukierman, 29 October 2014
Local Reed Biomass	Carbonisation+ Activation(50 % C _c CC _c)	Tpy :400- 500 °C tpy : 2 h	Tac : 400- 500 °C tac : 2 h		299			0.3560			Nady A. Fathy, Sohair A. Sayed Ahmed , 2012
coquille d'amande CAa(activation acide) Cab(activation base)	Carbonisation (10 °C min ⁻¹) (150 rpm) + Activation (85% C _c CC _c taux d'imprégnation 1.1	Tpy : 85°C tpy : 2 h	Tac : 100 °C tac : 24 h								Mahmoud Trachi, 8 septembre 2014
Coques de noix de coco	Carbonisation (5 °C min ⁻¹) + Activation (KOH)	Tpy :650- 900 °C tpy : 1-3 h	Tac : 450- 600 °C tac : 1 h	73,40 /73,10 /68,20/ 66,90	291,74/ 459,10 / 373,54/ 665,79			0,184			Drissa Bamba, 07/12/2009

Chapitre III : partie expérimentale

	taux d'imprégnation (1/2-3/4-1/1-3/2)				d (1.5-2 mm)		
Carbons actifssynthétiques	Carbonisation + Activation (85% C _c CC _c taux d'imprégnation (0.75-1.11)	Tpy :800 °C tpy : 30 min	Tac : 400- 1000°C tac : 30 min				A.M. Puziy , 4 December 2001
Olive-mill	Carbonisation (10°C min ⁻¹) + Activation (C _c CC _c etKOH)	Tpy :350 °C tpy : 1 h	Tac : 450°C tac : 30 min		d (1-1.4 mm)		Carlos Moreno-Castilla, 13 October 2000
palm date pits	Carbonisation (10°C min ⁻¹) + Activation (85.5%C _c CC _c)	Tpy :300- 700 °C tpy : 4 h	Tac : 300- 700°C tac : 4 h		1319	0.785	Mohammed A. Al-Zahrani ,2008
dattes	Carbonisation (10°C min ⁻¹) + Activation (85%C _c CC _c) taux d'imprégnation (0.20-1.40)	Tpy :300- 700 °C tpy : 4 h	Tac : 800°C tac : 1 h		d (0.42-1.20 mm)		N.M. Haimour , 26 October 2005
déchetsd'écorced'acacia noir	Carbonisation (10°C min ⁻¹) (200 rpm) + Activation (5- 20%C _c CC _c)	Tpy :500- 700 °C tpy :2- 4 h	Tac : 500- 700 °C tac : 12- 24 h		414.097 d (300 µm - 425 µm)		Sabrina F. Lütke, 30 August 2019
Coquille acidissimashel	Carbonisation (5°C min ⁻¹) (110rpm) à24 h	Tpy :400- 700 °C tpy :1 h	Tac : 436.52 °C tac :				ResearchScholar , 18 April 2018

Chapitre III :partie expérimentale

	+ Activation (C _c CC _c)		57.09 min				
Fibres courtes de chanvre	Carbonisation (5°C min ⁻¹) + Activation (KOH) taux d'imprégnation (1.1-2.1)	Tpy :1000 °C tpy :30 min	Tac : 900 °C tac : 30 min		Ch1: 518.5 ChL5: 428.6 ChL60: 388.6 ChH5: 425.9 ChH45: 573.5 ACh1: 673.0 Ach2: 2192	0.291 0.208 0.194 0.207 0.290 0.403 1.203	Marija Vukcevic,2012
Filtratorb-400	Carbonisation (10°C min ⁻¹) + Activation (de-oxygénation /ozonation) taux d'imprégnation (1.1-2.1)	Tpy : °C tpy :	Tac : 1000 °C tac : 60 min		F:1000 F-10:1023 F-60:815 F-120:632 F-G:1098		Héctor Valdés, 2010
dattes	Carbonisation + Activation (C _c CC _c) taux d'imprégnation (0.5)	Tpy : 600-700°C tpy :1-3 h	Tac : 600-700 °C tac : 1-3 h		GAC1: 1212.4 GAC2: 998.5 GAC3: 802.0 GAC4: 951.0 GAC5: 1172.0 GAC6: 1106.8 GAC7: 990.8 GAC8 : 984.9	0.619 0.510 0.421 0.456 1.171 1.095 0.984 0.984	N. Pasupulety,2019
branche de palmier	Carbonisation (°C min ⁻¹) (120 rpm) + Activation (sulfurique acide) taux d'imprégnation (1.5)	Tpy : 600-700°C tpy :1-3 h	Tac : 600-700 °C tac : 1-3 h		PB :2.8 COPB : 6.3 SOPB : 5.9	0.004 0.012 0.012	Mona A ;2013
Fronde de Pinang	Carbonisation (20°C min ⁻¹) (120 rpm) +	Tpy : 800 °C tpy : 3 h	Tac : 800°C tac : 3 h		958	0.5469	S. G. Herawan,2013

Chapitre III : partie expérimentale

écorce de grenade	Carbonisation (120 rpm) + Activation (KOH)	T _{py} : 700 °C t _{py} : 30 min	T _{ac} : 700°C t _{ac} : 30 min		PP :5.04 PP char : 115.30 PPAC : 941.02	0.120 0.470	MohdAzmier Ahmad
thé	Carbonisation (20 °C min ⁻¹) + Activation (C _c CC _c) taux d'imprégnation (1.1) à 24 h	T _{py} : 110 °C t _{py} : 6 h	T _{ac} : 110 °C t _{ac} : 8 h		1 530.67	0.782 6	Jun-jie GAO,2013
coquilles de noix de coco	Carbonisation (4°C min ⁻¹) + Activation (C _c CC _c) taux d'imprégnation (1.1) à 24 h	T _{py} : 500 °C t _{py} : 3 h	T _{ac} : 80 °C t _{ac} : 14 h		CAQ-29 : 1266 CAQ-30 :1091 CAQF-29 :1699 CAQF-30 :2114 d (0.6-1 mm)	0.731 0.681 1.003 1.307	Diana C.S. Azevedo,2006
Déchets agricoles	Carbonisation + Activation (C _c CC _c)	T _{py} : 85 °C t _{py} : 6 h	T _{ac} : 85 °C t _{ac} : 6 h		1631	1.11	Lei YU,2013
Polymère	Carbonisation (10°C min ⁻¹) + Activation (KOH) taux d'imprégnation (0-4) à 3h	T _{py} : 700 °C t _{py} : 2 h	T _{ac} : 110 °C t _{ac} : 24 h		As-received : 357 KPS-1 : 1073 KPS-2 : 1337 KPS-4 :1947	0.19 0.43 0.58 1.28	Soo-Jin Park,2002
pierres de nêfle	Carbonisation (10°C min ⁻¹) Activation (KOH/NaOH) taux d'imprégnation (1/2-	T _{py} : 600-1000 °C t _{py} : 1 h	T _{ac} : 105 °C t _{ac} : 24 h		2915		Hale Su'tcu,2009

Chapitre III :partie expérimentale

	1/4)				d (1-2 mm)		
dattier	Carbonisation (10°C min-1) (100 rpm) + Activation (85% $C_C C C_C / C_C C C_C$)	Tpy : 500 °C tpy : 1 h	Tac : 500- 600 °C tac : 24 h		P :720 Z :1261 D :909 197.41	0.63 0.81 0.76	N. Bouchenafa-Sai'b, 2005
Coquilles de noix du Brésil	Carbonisation (10°C min-1) + Activation ($C_C C C_C$) taux d'imprégnation (1-1.5)	Tpy : 600 °C tpy : 1 h	Tac : 800- 1000 °C tac : 24 h		BNS1.0 : 1457 BNS1.5 : 1640	0.5486 0.7947	Diana R. Lima, 10 Septembre 2019
date palm	Carbonisation (10°C min-1) (350 rpm) + Activation (%KOH) taux d'imprégnation (0.586-0.170)	Tpy : 600 °C tpy : 1 h	Tac : 110 °C tac : 24 h		G150 : 2,14 D350 : 2,47 G1100 : 4,88 D3100 : 5,54 GB150 : 8,41 D3150 : 8,49 GB200 : 12,07 D1200 : 11,61 GB250 : 15,35 DB250 : 14,77 GB300 : 18,42 D3300 : 18,38 GB350 : 21,47 D3350 : 21,40		F. N. BentarfaDjehad ,2014
Rubberseedcoat	Carbonisation (10°C min-1) (120 rpm) + Activation (%KOH) taux d'imprégnation (1/1)	Tpy : 500 °C tpy : 1 h	Tac : 105°C tac : 12 h				Azduwin Khasri,2018
Sciure d'eucalyptus	Carbonisation+	Tpy :	Tac : 700-		A B C	0.636 à SBET :	Congjin Chen, 2013

Chapitre III :partie expérimentale

	Activation (NaOH) taux d'imprégnation (2.1/3.1/4.1)	700-900 °C t _{py} : 30- 70 min	900 °C t _{ac} : 30 - 70 min		K1 : 6.91 K2 : 4.16 K3 : 4.08 R : 2.83	6.74 4.78 3.63 3.63	6.00 5.25 3.90 2.1 0	1120	
--	---	--	--	--	---	------------------------------	----------------------------------	------	--

Les valeurs en bleu c'est des valeurs optimales pour les travaux l'activation chimique.

Local Reed Biomasse :

La caractérisation de nos charbon actif illustré par l'étude de l'effet de quelques paramètres qui influencés sur la capacité d'adsorption. L'ensemble des résultats obtenus dans condition expérimentale suivant:

taux d'imprégnation (50% de H3PO4)/ la température d'activation :400-500°C pendant 2h

Les isothermes d'adsorption sur le charbon actif préparé sont de "type L" et sont compatible avec les modèles d'adsorption de Langmuir et La modélisation de la cinétique l'adsorption est montrée que la cinétique est contrôlée par le modèle du pseudo deuxième ordre. Cela est clairement confirmé par la valeur de facteur de corrélation correspondants à ce modèle R² = 0.991

D'après les spectres IR la bande caractéristiques d'élongation à 1620 cm⁻¹ correspondant à des groupements fonctionnels de C – C carbone. Cela confirme l'effet de la carbonisation dans l'étape de synthèse de charbon

La capacité d'adsorption diminuée respectivement avec l'augmentation de la la température d'activation, l'adsorption maximale

la capacité de ces carbones a été obtenue à 40 ° C comme suit: q_m = 153,8 mg / g pour AC40, 227,3 mg / g pour AC45 et 164 mg / g pour AC50

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale :

L'objectif de ce travail est de récupérer les résidus agricoles (tiges de roseau) avec la préparation de charbon actif à partir de ces déchets par des moyens chimiques à l'aide de l'activateur H_3PO_4 .

Nous avons préparé les matières premières. Il y a encore une synthèse et une caractérisation du charbon actif.

Nous espérons développer cette activité en:

- Absorption d'autres composés organiques et minéraux.
- Obtention de charbon actif dans différentes conditions et méthodes de préparation.

C'est une étude très prometteuse et ouvre la voie à des investigations futures pour la valorisation des déchets végétaux en les exploitants dans le domaine d'épuration par le procédé d'adsorption de protection de l'environnement d'une manière générale.

Bibliographies

Bibliographies :

- [1] **DJIDEL TADJIA**, "Etude de la préparation d'un charbon actif à partir des grains d'olives et application sur des rejets industriels" Mémoire de Magister, Université des sciences et de la technologie Med-Boudiaf d'ORAN, P01-22, 21 AVRIL 2011.
- [2] **Sana NOUACER**, "Application des tiges de dattes dans l'adsorption de métaux toxiques de l'eau", Thèse de Doctorat- , 2014/2015, *Université Badji Mokhtar-ANNABA*, P24.
- [3] **MELLE MECHERI GHANIA**, "Préparation Et Caractérisation Des Charbons Actifs A Partir D'un Bitume D'origine Pétrolière. Activation Par Les Hydroxydes", Mémoire *Magister*, 2010-2011, Université Larbi Ben M'hidi OUM EL BOUAGHI, P1 -21.
- [4] **MAHMOUD TRACHI**, " Préparation Et Caractérisation D'un Charbon Actif A Partir De La Coquille D'amande (*Prunus Amygdalus*) Amere", 8 SEPTEMBRE 2014.
- [5] **ABDEL HAKIM BOUTALBI -ABDELFETTAH SAKER**, " Préparation De Charbon Actif A Base De Résidus Agricole Et Leur Application A L'élimination Des Colorants", Mémoire De Fin D'étude, 04/06/2018, Université Echahid Hamma Lakhdar. EL OUED, P9-17.
- [6]] **BENAMRAOUI FAOUZIA**, "Elimination Des Colorants Cationiques Par Des Charbons Actifs Synthétisés A Partir Des Résidus De L'agriculture" , Mémoire De Magister, 2014, Université Ferhat Abbas SETIF-1UFAS (ALGERIE),P10-12.
- [7] **AZZI IZZEDDINE**, "Etude De L'adsorption De Certains Colorants Par Spectrophotométrie UV-Visible Et Spectroscopie Ir", Mémoire Master, 2014, Université Abdelhamid Ibn Badais MOSTAGANEM, P4.
- [8] **MOHAMMED KHALED BECHKI**, " Préparation Et Caractérisation Du Charbon Actif A Partir Des Noyaux Du Palmier Dattier Et Des Coquilles Des Noix", Thèse Du Doctorat, 18/12 /2018, Université Kasdi Marbah OUARGLA ,P26.
- [9] **MAZOUZ MANEL - KHELAIFIA LEMYA** , "Evaluation Du Pouvoir D'adsorption D'un Charbon Actif Commercial", Mémoire Master, 2010- 2011, Université Larbi Ben M'hidi- OUM EL BOUAGHI ,P7-21.
- [10] **OUIKENE SAMIR, CHEMEUR NAWEL**, "Etude Comparative Entre Un Adsorbant Utilisé A La Station De Traitement Des Eaux De Taksebt Et Des Adsorbants Préparés A Base De Grignon D'olive", Mémoire De Master, 12/07/2015, Université Mouloud Mammeri TIZI OUZOU, P9-21.
- [11] **LAKHACHE SOFIANE**, "Adsorption De Blue Méthylène Sur Des Argiles Brutes Et Sodées", Mémoire Master, 08 / 06 / 2017, Université Dr Moulay Tahar – SAÏDA, P44-48

Bibliographie

- [12] **SAKHER CHAIMA**, "Préparation D'une Nouvelle Phase Adsorbant Et Etude Comparative", Mémoire De Master, 29/05/2016, Université Larbi Tebessi- TEBESSA.
- [13] **MELLE NOUZHA BOUZIANE**, "Elimination Du 2 Mercaptobenzothiazole Par Voie Photochimique Et Par Adsorption Sur La Bentonite Et Le Charbon Actif En Poudre", Mémoire De Magister, 30 Mai 2007, Université Mentouri De CONSTANTINE, P8.
- [14] **CHERRAYE RIDHA** , "Préparation Par Voie Chimique D'un Charbon Actif A Partir Des Déchets De Café (Effet De Taux D'adjuvant) " , Mémoire De Master, 16/06/2012, Université Kasdi Merbah OUARGLA ,P5.
- [15] **MESSAI AOUN ASMA**, "Adsorption Du Bleu De Méthylène Dans Les Solutions Aqueuses Par Une Argile Minérale Locale", Mémoire De Master, 23/06/2019, *Université Echahid Hamma Lakhdar -EL OUED*, P15.
- [16] **SEKIRIFA MOHAMED LAMINE**, "Etude Des Propriétés Adsorbants Des Charbons Actives Issus Des Noyaux De Dattes. Application Au Traitement D'effluent Aqueux", Thèse De Doctorat, 2012/2013, *Université Badji Mokhtar-ANNABA*, P34.
- [17] **AREZOUG MAHFOUD & MR. AIT-OUALI IDIR**, "Valorisation De Déchets Textiles (Coton Et Viscose) En Charbons Actifs En Vu De L'élimination Par Adsorption De L'acide Clofibrique, La Tétracycline Et Le Paracétamol", Mémoire Master, 2014/2015, Université A.Mira-BEJAIA, P25 ,26.
- [18] **NORA SEDIRA**, "Etude De L'adsorption Des Métaux Lourds Sur Un Charbon Actif Issu De Noyaux De Dattes", Mémoire De Magister, 2012-2013, Université Mohamed Cherif Massaadia SOUK-AHRAS.
- [19] **DEBBAZ ABD-EL-KADER, RAACHE MOHMED NASREDDINE**, "Préparation Et Caractérisation D'un Charbon Actif A Partir D'un Déchet Agricole "Les Tiges De Palmiers Dattier", Mémoire Master, 07/06/2017, Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [20] **H. HAMMANI A, A**, "Activated Charcoal As A Capture Material For Dopamine, Paracetamol And Salicylic Acid In Human Blood And Pharmaceutical Formulations", 31 AUGUST 2019.
- [21] **DIANA R. LIMA**, "Efficient acetaminophen removal from water and hospital effluents treatment by activated carbons derived from Brazil nutshells", 10 SEPTEMBER 2019.
- [22] **ARAYA SMUTHKOCHORNA**, "nano porous carbon from cattail leaves for carbon dioxide capture", Mrs-Thailand 2017.
- [23] **BENARIMA ABD EL HAKIM ET KOUADRI MOULAY RACHID**, "Préparation et caractérisation d'un charbon actif a partir de coquilles d'œufs", Mémoire master, 07/06/2017, Université Kasdi Merbah OUARGLA.

Bibliographie

[24] **GHERIBI ZINE LABIDEN ET BENZARGOUNE OUSSAMA**, "Préparation of chemicaly activated carbon from coffee résidus" , Mémoire master , 06/07/2019 , Université Kasdi Merbah OUARGLA ,P11.

[25] **BOUNIF RIMA**, "Conception d'une colonne a lit fixe au charbon actif granule appliquée a l'étude dynamique de l'adsorption de bleu de méthylène", Mémoire master, 05/10/2017, Université Akli Mohand Oulhadj – BOUIRA, P3.

Résumé:

La demande croissante des adsorbants utilisés dans les procédés de protection de l'environnement a fait que leur prix coûte de plus en plus cher ce qui suscite une recherche complémentaire pour la fabrication de nouveaux matériaux adsorbant moins coûteux à partir de matières qui ne sont pas classiques, concrètement à partir de déchet agricole.

Mots clés:

Des adsorbants, protection de l'environnement, moins coûteux, classiques ,déchet agricole.

Abstract :

The growing demand for adsorbents used in environmental protection processes has made their price more and more expensive, which prompts further research for the manufacture of new, less expensive adsorbent materials from materials that are not conventional , concretely from agricultural waste.

.Keywords:

Adsorbents, environmental protection, less expensive, conventional, agricultural waste.

الملخص:

أدى الطلب المتزايد على الممتزات المستخدمة في عمليات حماية البيئة إلى جعل سعرها أعلى وأكثر تكلفة ، مما يستدعي إجراء المزيد من الأبحاث لتصنيع مواد ماصة جديدة وأقل تكلفة من مواد غير تقليدية ، بشكل ملموس من النفايات الزراعية
الكلمات المفتاحية :

الممتزات ، حماية البيئة ، أقل تكلفة ، النفايات الزراعية التقليدية.