



**UNIVERSITÉ KASDI MERBAH OUARGLA**

**Faculté des Sciences Appliquées**

**Département de Génie des Procédés**

**MÉMOIRE DE FIN D'ETUDE**

**MASTER ACADEMIQUE**

**Domaine : Sciences et Technologies**

**Filière : Génie des Procédés**

**Spécialité : Génie Chimique**

**Présenté par M<sup>me</sup>: *BOUAICHE FOUZIA***

**Thème :**

**Étude comparative de la capacité adsorbante de charbon actif commercial TE  
80 et issus de noyaux de datte.**

**Cas des quelques paramètres de pollution dans les eaux usées de rejet STEP de Sidi khouiled Ouargla**

**Soutenu le 02/06/2016**

Devant le jury composé de :

Chennouf Nasreddine	MC (A)	Examineur	Université KM Ouargla
Lotfi Baameur	MC (B)	Examineur	Université KM Ouargla
Youcef Touil	MA (A)	Examineur	Université KM Ouargla
Med Lamine SEKIRIFA	MC (A)	Rapporteur	Université KM Ouargla

**Année Universitaire 2015/2016**

## **Remerciements**

*Avant tout, je dois remercier Dieu le tout puissant qui m'a donné l'envie et la force pour mener à terme ce travail.*

*Ce travail a été réalisé au sein de laboratoire Biogéochimie des milieux désertiques à l'Université Kasdi Merbah Ouargla, dirigé par le Monsieur SEKIRIFA Mohamed Lamine Maître de conférence (A) au département de génie des procédés. Nous exprimons toutes nos reconnaissances pour avoir assuré la direction de ce travail.*

*Tout d'abord, j'adresse mes respectueux remerciements à tous les membres du jury (Chennouf Nasreddine, Touil Youcef et Baameur Lotfi) qui m'ont fait l'honneur de participer à l'évaluation de mon travail.*

*Nos remerciements s'adressent également à Monsieur Hadj-Mohammad Mahfoud, Directeur de laboratoire Biogéochimie des milieux désertiques à l'Université Kasdi Merbah Ouargla.*

*Nous remercions également l'ensemble du personnel du laboratoire Biogéochimie des milieux désertiques (Mr Touil, Houria, Fatiha, Selwane ...), pour leurs accueils chaleureux, pour leurs aides et leurs conseils.*

*Un grand merci à mes amis qui ont eu confiance en moi et qui, par leur présence et leur soutien, m'ont aidée à surmonter certains moments difficiles et m'ont permis de relativiser les obstacles de la vie et m'ont encouragée à toujours aller de l'avant.*

*Une attention toute particulière va aux membres du Département de Génie des procédés pour l'aide technique, le travail administratif et le soutien moral qu'ils m'ont apportés.*

# *Dédicace*

*Je dédie ce mémoire :*

*A toute ma grande famille*

*A tous mes amies et amis*

*A tous qui me souhaitent une bonne vie*

*A tous mes enseignants du primaire jusqu'à aujourd'hui*

*A mes collègues de la promotion.*

*A mes collègues de laboratoire*

*A tous ceux que j'aime*

*Fouzia BOUAIICHE*

## Résumé :

Avec le développement rapide de l'industrie, la contamination de l'environnement est devenue de plus en plus grave, ou de nombreux déchets industriels ont cruellement pollué l'environnement naturel qui était très adéquat à l'habitation humaine dans le passé. Les rejets polluants restent un problème sérieux dans plusieurs pays du monde pour l'élimination du potentiel sérieux de perturbation environnementale dans une perspective de développement durable, la dépollution des eaux et la valorisation des résidus industriels des objectifs importants des pays industrialisés et des pays en voie de développement pour y parvenir, des technologies de traitements doivent être développées, permettant ainsi de préserver l'environnement.

Notre étude consiste une étude comparative de la capacité adsorbante de quelques paramètres de pollution des eaux usées traitée par un charbon actif commercial TE 80 et d'autres charbons actifs issus de noyaux de datte de la variété Ghars de la région de Ouargla..

Les résultats obtenus concernant la demande biologique en oxygène (DBO) ainsi de la demande chimique en oxygène (DCO) et les matières en suspension (MES) s'avèrent satisfaisants et incitent à procéder à d'autres applications.

## ملخص:

مع التطور السريع للصناعة، وأصبح تلوث البيئة خطير على نحو متزايد، أو العديد من النفايات الصناعية ملوث بصورة كبيرة على البيئة الطبيعية التي كانت مناسبة جدا للاستخدام الآدمي في الماضي. لا يزال تلوث البيئة مشكل خطير في العديد من البلدان من أجل القضاء على الاضطراب البيئي المحتمل في منظور التنمية المستدامة ومكافحة تلوث المياه واسترداد المخلفات الصناعية أهداف هامة للبلدان الصناعية والبلدان في طريق النمو لتحقيق ذلك، يجب تطوير تقنيات المعالجة، وبالتالي الحفاظ على البيئة. دراستنا هي دراسة مقارنة لقدرة امتصاص الملوثات الموجودة بمياه الصرف الصحي من قبل الكربون المنشط التجاري TE 80 وغيرها من الكربونات المنشطة المحضرة من نوى حبات التمر (غرس) من منطقة ورقلة. النتائج بشأن الطلب البيولوجي الأوكسجين (DBO5) والطلب الكيميائي الأوكسجين (DCO) والمواد الصلبة العالقة (MES) مرضية و مشجعة لجعل التطبيقات الأخرى .

## Abstract:

With the rapid development of industry, the contamination of the environment has become increasingly serious read, or many industrial wastes badly polluted the natural environment that was very suitable for human habitation in the past. Polluting discharges remain a serious problem in several countries for the elimination of serious potential environmental disturbance in a perspective of sustainable development, water-pollution control and recovery of industrial residues important targets for industrialized countries and countries development to achieve this, treatment technologies must be developed, thus preserving the environment. Our study is a comparative study of the adsorption capacity of some wastewater pollution parameters rejection by a commercial activated carbon TE 80 and other activated carbons from date kernels of Ghars variety of Ouargla region.

The results concerning the biological oxygen demand (BOD ) and chemical oxygen demand ( COD ) and suspended solids (SS) are satisfactory and encouraging to make other applications.

## Liste des figures

Numéro	Titre	Page
01	Structure du volume poreux d'un bon adsorbant	2
02	Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbat au sein d'un grain	3
03	Classes des isothermes d'après Gilles et al	6
04	Modèle d'adsorption en monocouche	8
05	Modèle d'adsorption en multicouche	9
06	CA en Grain	15
07	Les fibres de CA	15
08	CA en poudre	15
09	Représentation de Stoeckli de la microstructure d'un CA	15
10	Échantillons des dattes cultivés de la région d'Oumache.	23
11	Les noyaux extraits des dattes.	23
12	Schéma présente les étapes d'activation du charbon (Noir du carbone).	25
13	Echantillonneur automatique.	26
14	Isothermes expérimentales d'adsorption des MES sur les charbons actifs	29
15	Isothermes expérimentales d'adsorption des DCO sur les charbons actifs	29
16	Isothermes expérimentales d'adsorption des DBO5 sur les charbons actifs	30
17	Cinétique d'adsorption de la MES sur les charbons actifs	32
18	Cinétique d'adsorption de la DCO sur les charbons actifs	33
19	Cinétique d'adsorption de la DBO5 sur les charbons actifs	34
20	Effet du pH de la solution sur l'adsorption de la DCO et DBO5	34
21	Evolution du rendement en DCO en fonction du temps	35
22	Evolution du rendement en MES en fonction du temps	36
23	Evolution du rendement en DBO5 en fonction du temps	36

---

## Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
01	Classification de <i>Dubin</i> 1960	28
02	Caractéristiques de charbon actif TE 80	44
03	Caractéristiques de charbon actif 10% et 50%	45
04	Conditions de mesure de la DBO5.	46
05	préparation des échantillons	47
06	Effet du temps de contact sur l'adsorption des MES sur le CA-TE80, CA-10% et CA-50%.	50
07	Effet du temps de contact sur l'adsorption des DCO sur le CA-TE80, CA-10% et CA-50%.	51
08	Effet du temps de contact sur l'adsorption des DCO sur le CA-TE80, CA-10% et CA-50%.	52

## Lists des abréviations

Abréviation	Signification
b	constante de l'équilibre adsorbat-adsorbant de l'isotherme de
C	constante BET (indicateur de l'affinité de la molécule adsorbée
C0	concentration initiale
Ce	concentration à l'équilibre
G	variété Ghars
K	capacité d'adsorption de l'isotherme de Freundlich
M	masse molaire de l'adsorbat
qe	quantité adsorbée par unité de masse de l'adsorbant
qm	capacité maximale d'adsorption (capacité de fixation à saturation
R	constante des gaz parfaits
SBET	surface spécifique BET
Sext	surface externe
T	Temperature
V	quantité (volume) de gaz adsorbée
$\alpha$	coefficient d'expansion thermique de l'adsorbat
CA	Charbon Actif
CAG	Charbon actif en grain
CAP	Charbon actif en poudre
DCO	Demande chimique en oxygène
DBO5	Demande biologique en oxygène de cinq jours
MES	matière en suspension
pH	Potentiel d'Hydrogène
R%	Rendement
t°	Température

---

## Sommaire

<b>I-1 Introduction</b>	<b>1</b>
<b>I-2 Généralité sur l'adsorption</b>	<b>1</b>
<b>I-2-1 Définition de l'adsorption</b>	<b>1</b>
<b>I-2-2 Types d'adsorption</b>	<b>1</b>
<b>1-2-2-1 Adsorption chimique</b>	<b>2</b>
<b>1-2-2-2 Adsorption physique</b>	<b>1</b>
<b>I-3 Cinétique d'adsorption</b>	<b>2</b>
<b>I-4 Mécanisme d'adsorption</b>	<b>3</b>
<b>I-5 Principaux facteurs influençant sur l'adsorption</b>	<b>3</b>
<b>1-5-1 La température</b>	<b>4</b>
<b>1-5-2 La natures de l'adsorbant</b>	<b>4</b>
<b>1-5-3 La Natures de l'adsorbât</b>	<b>5</b>
<b>1-5-4 La Surface spécifique</b>	<b>5</b>
<b>I-6 Isothermes d'adsorption</b>	<b>5</b>
<b>1-6-1 Classification des isothermes d'adsorption dans la phase liquid</b>	<b>6</b>
<b>1-6-2 Types d'isothermes</b>	<b>7</b>
<b>I-7 Les adsorbants</b>	<b>11</b>
<b>I-7-1 Principaux adsorbants</b>	<b>11</b>
<b>I-8 La pollution des eaux</b>	<b>17</b>
<b>I-8-1 Définition</b>	<b>17</b>
<b>I-8-2 Mode de pollution</b>	<b>17</b>
<b>I-8-3 Les types de pollution</b>	<b>19</b>
<b>Conclusion</b>	<b>21</b>
<b>Référence bibliographique</b>	
<b>Chapitre II: Experimentation</b>	
<b>II-1Introduction</b>	<b>22</b>
<b>II-2 Fabrication et application du charbon actif à partir de noyaux dates</b>	<b>23</b>
<b>II-3 Echantillonnage de dates</b>	<b>24</b>
<b>II-4 Echantillonnage des eaux</b>	<b>26</b>
<b>II-5 Technique d'analyse des eaux</b>	<b>27</b>
<b>II-6 résultats et discussions</b>	<b>29</b>
<b>Conclusion générale</b>	<b>48</b>



*INTRODUCTION  
GENERALE*

## *INTRODUCTION GÉNÉRALE*

Les propriétés adsorbante d'un solide microporeux sont créées par la résultante des forces existantes Ce entre deux molécules comme les forces de Van der Waals. L'origine de ces forces attractives est l'interaction électrostatique entre atomes ou les interactions dipolaires. Si l'on considère maintenant une molécule d'un fluide et un ensemble de molécules ou d'atomes à la surface d'un solide, la résultante des interactions conduit à la fixation de la molécule du fluide à la surface du solide. Ce phénomène est l'adsorption [1,2]. On distingue deux types de phénomènes, selon la nature de la fixation. Si l'adsorption conduit à la création d'une véritable liaison chimique entre le fluide et le solide, on parlera de chimisorption [3]. Si la fixation est purement la résultante de forces d'interaction physiques, on emploiera le terme de physisorption, les énergies mises en jeu lors de cette dernière étant généralement beaucoup plus faibles que dans le cas de la chimisorption et plus facilement réversibles[4].

Le charbon actif, en grains ou en poudre, est un matériau connu pour ses propriétés adsorbantes. Il est utilisé depuis longtemps dans l'industrie pour l'épuration de fluides, ou dans l'industrie chimique pour ses capacités de catalyse [2,1]

En fonction du matériau d'origine, du type d'activation et des conditions de sa mise en œuvre, toute une gamme de charbons actifs est obtenue. Leurs surfaces spécifiques peuvent s'étendre de 400 à 2000 m<sup>2</sup> .g<sup>-1</sup>, leurs distributions de microporosité sont variées et peuvent être adaptés à différents usages [1,2].

Les propriétés d'adsorption des charbons actifs liées à leurs porosités et à leurs surfaces spécifiques sont exploitées dans de nombreuses applications en phase liquide ou gazeuse. Les applications en phase liquide comptent le traitement de l'eau potable [7,8], le traitement des nappes phréatiques, la décoloration [9], la rétention d'impureté dans différents procédés chimiques, dans les industries alimentaires [2], la séparation des composés pharmaceutiques ou des composés miniers. Les applications en phase gazeuse sont tout aussi diverses comme la récupération de solvants, la protection contre les polluants atmosphériques, la séparation des composés gazeux, le stockage de gaz et enfin lacatalyse.

## *PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE*

---

L'objectif de ce modeste travail est de faire une étude comparative de la capacité de rétention de quelques paramètres de pollution d'eau usée de rejet traité de la TEP Sidi Khouiled sur deux supports de charbon actif : le premier est un charbon actif commercial TE 80 et le deuxième issu de noyaux de datte de la variété Ghars de la région de Ouargla.

*Chapitre I :*  
*Etude bibliographique*

## **I.1. Introduction**

Le procédé de séparation par adsorption constitue aujourd'hui une des technologies les plus importantes, elle est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans des domaines très variés, par exemple les industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques.

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.

### **I-2-Généralité sur l'adsorption**

#### **I-2-1-Définition de l'adsorption**

L'adsorption est un phénomène interfacial où des molécules d'une espèce appelée adsorbat (gaz ou liquide) viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant, Donc c'est un passage d'une espèce chimique d'une phase liquide ou gazeuse vers une surface solide. Elle implique dans tous les cas de l'existence d'attractions plus ou moins fortes des solutés par les surfaces, avec des énergies mises en jeu, très variables selon la nature de ces interactions.

De manière générale, l'adsorption est un phénomène exothermique qui se produit avec un dégagement de chaleur ce qui peut conduire à un échauffement du solide [4-6].

L'équilibre d'adsorption, dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont décrits ci-après : Surface spécifique; Porosité; Nature de l'adsorbat; Polarité; pH; Température [7].

#### **I-2-2-Les types d'adsorption**

On distingue deux types différents d'adsorption : adsorption physique (physisorption) et adsorption chimique (chimisorption).

##### **I-2-2-1-Adsorption Physique**

L'adsorption physique ou physisorption est un phénomène physique met en jeu de faibles interactions entre entités moléculaires comme les forces d'attraction de van der Waals et des forces dues aux interactions électrostatiques de polarisation. Ces forces attractives sont de nature physique.

Ce phénomène est réversible et peu spécifique. L'adsorption physique est rapide et généralement limitée par les phénomènes de diffusion. La force des interactions

mises en jeu peut être estimée par l'énergie d'adsorption physique qui est comprise entre 5 et 40  $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  est considérée comme faible. L'adsorption physique est donc favorisée par une baisse de la température et peut se faire en monocouche ou multicouches [5,6].

### **I-2-2-2-Adsorption Chimique**

L'adsorption chimique ou chimisorption est l'adsorption met en jeu des énergies de liaison importantes. Elle résulte d'une interaction chimique entre les molécules d'adsorbant composant la surface du solide et les molécules de soluté. Ces forces attractives mises en jeu sont du même type que celles qui sont impliquées lors de la formation des liaisons chimiques. Elle est souvent irréversible (ou difficilement réversible) et lente. L'adsorption chimique est uniquement monomoléculaire car la présence des liaisons de valence entre l'adsorbat et l'adsorbant exclut la possibilité de couches multimoléculaires. L'énergie d'adsorption chimique est supérieure à  $80\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$  [5-7].

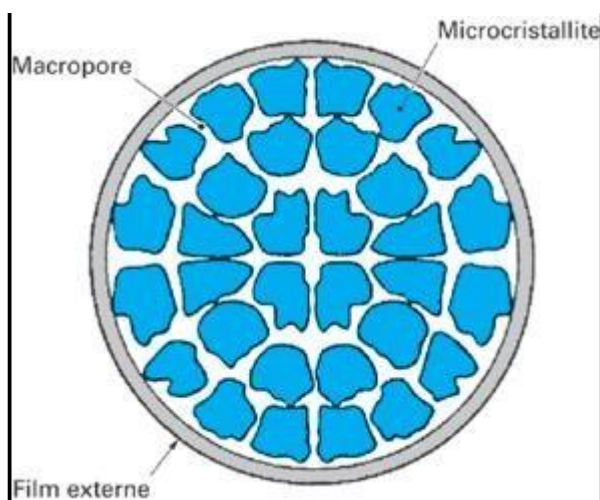
## **I.3. Cinétique d'adsorption**

Plusieurs processus physiques et physico-chimiques sont susceptibles de déterminer la cinétique d'adsorption d'un polluant en solution aqueuse sur un dsorbant :

A/- Une adsorption spécifique sur les parois des pores.

B/- Des interactions plus ou mois fortes dues aux fonctions chimiques superficielles des matériaux carbonés.

C/- La diffusion du polluant dans le volume poreux (figure 1).



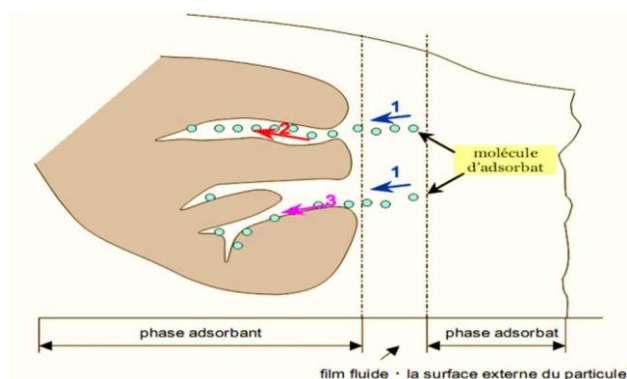
*Figure 1:- Structure du volume poreux d'un bon adsorbant [46].*

Les mécanismes d'adsorption peuvent être décomposés en plusieurs étapes faisant appel à des processus diffusionnels, en particulier 4 phases peuvent être distinguées :

- 1/- Transfert de matière de la solution vers la couche limite entourant la particule;
- 2/- Transfert de la couche limite vers la surface adsorbante (diffusion externe);
- 3/- Transfert de la surface vers les sites adsorbants (diffusion intraparticulaire dans le solide et dans les micropores et les macropores);
- 4/- Fixation, complexation ou précipitation des solutés.

#### **I- 4 Mécanisme d'adsorption**

Au cours de l'adsorption d'une espèce sur un solide, le transfert de masse des molécules se fait de la phase fluide vers le centre de l'adsorbant. Ce processus s'opère au sein d'un grain d'adsorbant en plusieurs étapes (Figure 2) [6].



*Figure 2- Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbat au sein d'un grain [6]*

1. Diffusion externe ;
2. Diffusion interne dans la structure poreuse du solide (diffusion interne);
3. Diffusion de surface [6].

#### **I.5.Principaux facteurs influençant sur l'adsorption**

Plusieurs paramètres sont à prendre en compte pour favoriser le processus d'adsorption. Il est important de rappeler que la capacité d'adsorption d'une molécule à éliminer est proportionnelle à la surface spécifique de l'adsorbant. De plus, il faut que le diamètre des pores soit supérieur à la taille de la molécule pour que celle-ci puisse diffuser rapidement et atteindre le site d'adsorption.

L'adsorption est fortement influencée par la structure du composé à piéger : surface, volume, groupements fonctionnels induisant des effets de polarisabilité, solubilité...

Un mélange de composés à traiter va impliquer une compétition d'adsorption (sélectivité) entre les différents constituants et réduire les capacités unitaires d'adsorption (adsorption d'un composé pur).

L'humidité de l'air joue un rôle dans le cas du traitement de gaz. En effet, il y a compétition entre l'eau et le composé à adsorber préférentiellement. Ainsi, une humidité importante lors du piégeage de traces de solvant sera néfaste tandis qu'une humidité relative forte en présence d'une concentration élevée ( $C > 10 \text{ g.Nm}^{-3}$ ) de polluant n'aura aucun effet.

### **I.5.1 La température**

La quantité adsorbée à l'équilibre augmente quant la température diminue, de plus, l'adsorption libère une chaleur d'adsorption comme toute réaction exothermique, elle est donc favorisée par les basses températures.

### **I.5.2 La nature de l'adsorbant**

Un solide adsorbant est caractérisé par des propriétés physicochimiques, mécaniques et géométriques, les plus importantes sont les propriétés géométriques.

#### **- La surface spécifique**

La surface spécifique est une mesure essentielle de la capacité de sorption de l'adsorbant. Elle désigne la surface accessible rapportée à l'unité de poids d'adsorbant. Une surface spécifique est d'autant plus grande, si l'adsorbant est plus divisé.

#### **- La structure de l'adsorbant**

L'adsorption d'une substance croît avec la diminution de la taille des particules et les dimensions des pores de l'adsorbant. Mais si le diamètre des pores est inférieur au diamètre des molécules, l'adsorption de ce composé sera négative, même si la surface de l'adsorbant a une grande affinité pour le composé.

La distribution des tailles des pores joue un rôle important dans la cinétique globale du Processus d'adsorption.

#### **- La polarité**

Les solides polaires adsorbent préférentiellement les corps polaires, et les solides apolaires adsorbent les corps apolaires. L'affinité pour les substrats croît avec la masse moléculaire de l'adsorbant.

L'adsorption est plus intense pour les corps qui ont relativement plus d'affinité pour le soluté que pour le solvant [24, 25].



### I.5.3 La nature de l'adsorbat

Toutes les substances ne sont pas adsorbables au même titre. La capacité de rétention d'un polluant est fonction :

• De l'énergie de liaison de la substance à adsorber;

• De la structure et la taille des molécules : un haut poids moléculaire réduit la diffusion et par conséquent la fixation de l'adsorbat ;

• De sa solubilité: moins une substance est soluble, mieux elle est adsorbée.

### I.5.4 Surface spécifique d'un charbon active

Par définition, la surface spécifique d'un adsorbant est une surface par unité de masse. Elle est généralement exprimée en  $m^2/g$ . Son estimation est conventionnellement fondée sur des mesures de la capacité d'adsorption  $q_m$  de l'adsorbant en question, correspondant à un adsorbat donné; la molécule adsorbée doit avoir une surface connue et acceptable. Il suffit à cet effet, de déterminer la valeur de la capacité de la monocouche à partir de l'isotherme d'adsorption.

### I.6 Isothermes d'adsorption

On peut décrire un processus d'adsorption à l'aide d'une isotherme d'adsorption. Une telle isotherme est une courbe qui représente la relation entre la quantité de soluté adsorbé par unité de masse d'adsorbant  $q_e$  ou  $X/m$  et la concentration de soluté en solution  $C_e$ .

On obtient une telle courbe à partir des résultats d'essais de laboratoire effectués à une température constante. Pour ce faire, on introduit des quantités connues d'adsorbant dans des volumes d'eau à traiter et, après un temps de contact donné, on mesure la concentration résiduelle de soluté en solution [26].

La quantité de soluté adsorbé est calculée à l'aide de l'équation:

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e) V}{M} = \frac{X}{m} \quad (01)$$

Où :  $C_0$  : 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)

$X$  : quantité de soluté adsorbé à l'équilibre (mg);  $X = (C_0 - C_e).V$

$m$  : masse d'adsorbant (g)

$V$  : volume de la solution (L)

Certains auteurs ont compilé de nombreuses isothermes de Langmuir et ont constaté qu'elles présentaient 4 types, qui ont été reliés assez précisément à divers modes de fixation [26]

### I-6-1-Classification types d'isothermes d'adsorption

Gilles et Coll ont proposé les modèles d'adsorption, dont quatre types particuliers sont maintenant considérés comme les quatre formes principales d'isothermes généralement observées (Figure 3) [7].

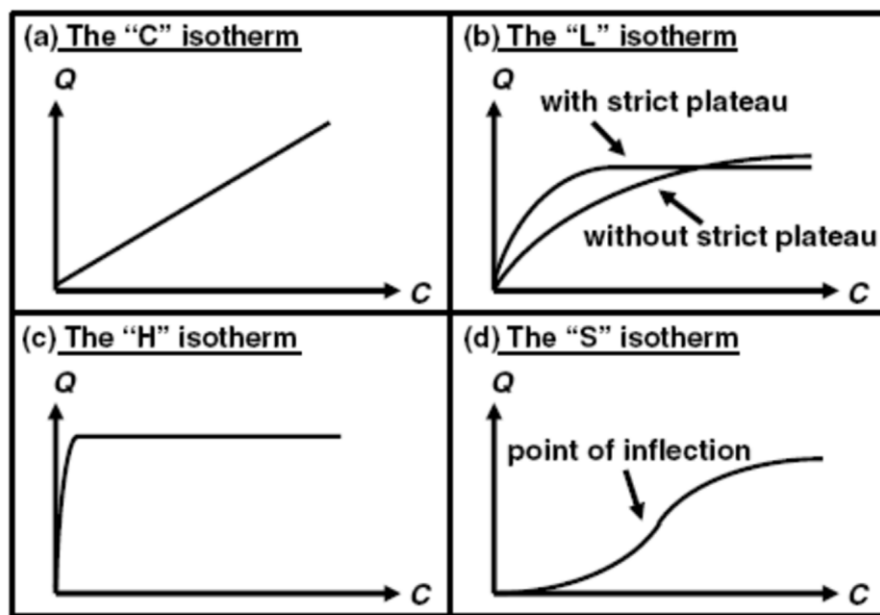


Figure 3- Classes des isothermes d'après Gilles et al [7]

- Les isothermes de type C : Les courbes sont sous formes de ligne droite avec le zéro comme origine.
- Les isothermes de type L : Le modèle de Langmuir « standard », indique une adsorption à plat de molécules bi-fonctionnelles.
- Les isothermes de type H : C'est un cas particulier de l'isotherme de type L. Ce cas est distingué des autres parce que le soluté montre parfois une affinité si élevée pour le solide que la pente initiale ne peut pas être distinguée de l'infini, même si cela n'a pas de sens du point de vue thermodynamique.
- Les isothermes de type S : La courbe est sigmoïdale et elle présente un point d'inflexion. Ce type d'isotherme est toujours le résultat d'au moins deux mécanismes opposés [7].

## I.6.2. Types d'isothermes d'adsorption

D'assez nombreux auteurs ont proposé des modèles théoriques ou empiriques pour d'écrire la relation entre la masse d'adsorbant fixée à l'équilibre et la concentration sous laquelle a lieu. Il s'agit de relation non cinétique que l'on nomme isotherme. En pratique, on observe qu'une masse d'adsorbant ne peut fixer une quantité illimitée de substance, elle se sature. Ce phénomène de saturation n'est pas expliqué par toutes les formules, dont nous n'exposerons que les plus utilisées.

### I.6.2.1. Modèle de Langmuir

L'équation de Langmuir [13] est donnée par la relation :

$$\frac{q_e}{q_m} = \frac{bC_e}{1 + bC_e} \quad (02)$$

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

$q_m$  : quantité maximale adsorbée à la saturation de la monocouche ou capacité maximale d'adsorption (mg/g)

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

$b$  : constante reliée à l'énergie libre d'adsorption ( $b \propto e^{-\Delta G/RT}$ ) (1/mg) [27].  $R$  représente la constante des gaz parfaits et  $T$  la température d'adsorption.

La relation précédente est linéarisable sous deux formes :

- Par passage aux inverses selon la représentation de Stumm et Morgan [] (forme I) :

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{b \times q_m} \cdot \frac{1}{C_e} \quad (03)$$

- Selon la représentation de Weber (forme II) :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{bq_m} + \frac{1}{q_m} \cdot C_e \quad (04)$$

Si l'équation de Langmuir est vérifiée, nous devons obtenir en plaçant nos points expérimentaux en coordonnées  $1/q_e = f(1/C_e)$  (forme I) ou  $C_e/q_e = f(C_e)$  (forme II), une droite dont la pente et l'ordonnée à l'origine nous permettent de déterminer  $q_m$  et  $b$ .

La théorie de Langmuir implique en fait :  
 - L'existence de sites définis d'adsorption;

- Une et une seule entité adsorbée par site;
- Une énergie d'adsorption constante;
- L'absence d'interaction entre molécules adsorbées.

Ce modèle est compatible avec la saturation. Son point faible est de supposer une monocouche, ce qui n'est pas toujours vrai (figure. II.6).

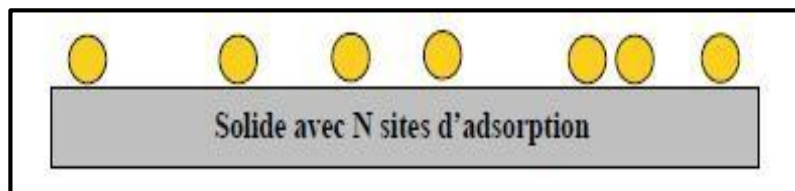
La "favorabilité" de l'isotherme est vérifiée par le paramètre adimensionnel  $R_L$  de Hall [29] et qui se présente sous la forme suivante :

$$R_L = \frac{1}{1 + b \cdot C_0} \quad (05)$$

b : constante de Langmuir (1/mg)

$C_0$  : concentration initiale (mg/L)

Lorsque  $R_L$  est compris entre 0 et 1, l'isotherme est favorable, elle est linéaire lorsque  $R_L = 1$ , défavorable pour  $R_L > 1$  et irréversible si  $R_L = 0$ .



**Figure. 4-: Modèle d'adsorption en monocouche [43]**

### II.6.2.2. Théorie de BET

Pour généraliser la théorie de Langmuir; Brunauer, Emmet et Teller ont développé un modèle appelé ultérieurement modèle de BET. Il tient compte de la formation de plusieurs couches de molécules adsorbées : les interactions gaz-gaz et gaz-solide sont prises en considération et chaque molécule adsorbée dans une couche est un site d'adsorption pour une molécule de la couche suivante (figure5) [30].



Figure 5-: Modèle d'adsorption en multicouches [30]

### II.6.2.3. Modèle de Freundlich

Freundlich [19] avait remarqué que souvent la tension superficielle  $\sigma$  en fonction de la concentration  $C_e$  pour un corps dissous est donnée par l'équation :

$$\sigma = \sigma_0 - \alpha \cdot C_e^{1/n} \quad \text{avec } n > 1 \quad (06)$$

$$\text{Soit } \sigma = f(C_e) \quad (07)$$

En dérivant cette équation, on obtient  $d\sigma/dC_e$ , qu'on peut porter dans l'équation de Gibbs, et il vient :

$$\Gamma = K' \cdot (C_e/R.T) \cdot \alpha \cdot C_e^{[(1/n)-1]} \quad (08)$$

$$\text{D'où } q_e = K_F \cdot C_e^{1/n} = \frac{X}{m} \quad (09)$$

$K_F$  et  $n$  : les constantes de Freundlich, dépendant de la nature du soluté et de l'adsorbant utilisé.

Des valeurs élevées de  $K_F$  et  $n$  traduisent une forte adsorption dans l'intervalle des concentrations étudiées. Inversement, les faibles valeurs indiquent une faible adsorption pour des faibles concentrations en soluté.

Ce modèle est très valable pour les solutions diluées, mais il est incompatible avec la saturation, car  $q_e$  croît sans limite si  $C_e$  croît.

Cette équation se différencie de la précédente (Langmuir) par le fait qu'elle ne prévoit pas de limite supérieure à l'adsorption et qu'elle admet la possibilité d'interactions entre particules adsorbées.

La forme linéarisée de l'équation de Freundlich est :

$$\boxed{\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e} \quad (10)$$

Si l'équation de Freundlich est vérifiée, nous obtenons une droite de pente  $1/n$  et d'ordonnée à l'origine égale à  $\ln K_F$ .

D'après Halsey [20] :

$$\boxed{K_F = \frac{q_m}{C_0^{\frac{1}{n}}}} \quad (11)$$

Pour atteindre la capacité maximale d'adsorption, il est nécessaire d'opérer à concentration initiale  $C_0$  constante et des masses de charbon actif variables; ainsi  $\ln q_m$  est la valeur extrapolée de  $\ln q_e$  pour  $C=C_0$ .

## **I-7-Les adsorbants**

### **I-7-1- Définition d'un adsorbant**

Les adsorbants sont des solides microporeux présentant des surfaces par unité de masse importantes (de 100 m<sup>2</sup>/g et jusqu'à ou plus de 1000 m<sup>2</sup>/g) afin de maximiser la capacité d'adsorption (quantité adsorbé par unité de masse d'adsorbant) [8].

### **I-7-2- Les principaux adsorbants**

#### **A. Les charbons actifs**

Le charbon actif, en grains ou en poudre, est un matériau connu pour ses propriétés adsorbante. Il est utilisé depuis longtemps dans l'industrie pour l'épuration de fluides ou dans l'industrie chimique pour ses capacités de catalyse [2,3]. Leur porosité et leur chimie de surface sont à l'origine d'un fort pouvoir adsorbant. Le conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique (C.E.F.I.C) donne la définition suivante pour les charbons actifs : « Ce sont des produits carbonés dotés d'une structure poreuse présentant une très grande surface de contact interne ; Ces matériaux issus d'un procédés industriel peuvent adsorber une large variété de substances, c'est-à-dire qu'ils sont capables de fixer des molécules sur une surface interne ; Ils sont en conséquence appelés adsorbants » [4].

Les charbons activés peuvent être classés d'après leurs caractéristiques (la surface spécifique, les indices d'iode, de phénols et de détergents, la friabilité, la taille effective, le poids spécifique, le coefficient d'uniformité etc.), d'après leur origine (bitume, tourbe, lignite, charbon, etc.), ou d'après leurs aspect commercial (en poudre ou en grain).

Les charbons actifs en poudre (CAP) ou en grain (CAG) sont fabriqués à partir des mêmes matériaux et se différencient surtout par la granulométrie. Alors que le CAG est caractérisé par une granulométrie s'étalant de 0.5 à 5mm, le CAP est composé de particule de 1 à 45 microns. Leur mode d'utilisation est également fort différent. Le CAP est dispersé dans l'eau dans laquelle il se maintient en quasi- suspension, le CAG joue le rôle d'un milieu filtrant continuellement traversé par un écoulement. Le choix entre les deux produits se fait après une comptabilisation d'un ensemble de critères tels que la nature du problème, ses caractéristiques (charge et durée), les objectifs de traitement (à court, moyen ou long terme) ou le débit de production [5].

**La Régénération :** La régénération a pour but d'éliminer de la structure poreuse du charbon, les composés préalablement adsorbés. La régénération peut s'effectuer de différentes façons :

- La régénération à la vapeur : cette méthode est réservée à la régénération des charbons actifs qui ont simplement adsorbé des produits très volatils. Cependant, le traitement à la vapeur peut être utile pour déboucher la surface des grains de charbons et désinfecter le charbon.
- La régénération thermique : cette opération est réalisée par pyrolyse ou en brûlant les matières organiques adsorbées par les charbons actifs. La régénération thermique consiste en un séchage, une désorption thermique des composés et un traitement à température élevée (650 à 980°C) en présence de quantités limitées de vapeur d'eau, de gaz d'échappement et d'oxygène. Il y a une perte de charbon de l'ordre de 7 à 10%.
- La régénération chimique : Il s'agit d'une régénération acide ou basique, ou par oxydation chimique ou par utilisation d'un solvant d'extraction.

### **B. Zéolithes**

Les zéolithes sont des aluminosilicates cristallisés dont la structure de la cellule unitaire consiste en un assemblage tétraédrique d'oxydes de silicium et d'aluminium. Elles présentent une forte affinité pour l'eau ce qui diminue leur efficacité en traitement d'air chargé en COV, l'air étant presque toujours humide. Pour le traitement des COV, on utilise des zéolithes hydrophobes qui ne contiennent pas ou très peu d'aluminium (silicate). La structure cristalline forme des cavités avec des fenêtres d'entrée de taille calibrée de l'ordre de grandeur des dimensions des molécules. Ces fenêtres jouent le rôle des mailles d'un tamis d'où l'autre nom des zéolithes.

### **C. Les tamis moléculaires**

Ce sont des solides carbonés possédant une distribution très fine de taille des pores.

### **D. Le gel de silice**

C'est un adsorbant de composition chimique  $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , présentant une distribution assez large de dimensions de pores et dont la surface interne est relativement polaire.

### **E. Les critères de performance d'un adsorbant**

- La capacité d'adsorption pour les composants à retenir ;



- La sélectivité entre les composants à adsorber et les constituants à laisser passer ;
- La désorbabilité (capacité à la désorption dans des conditions de température et de pressions acceptables) des composants retenus qu'il est nécessaire de récupérer lorsque l'adsorbant est saturé.

### **I-7-3-Les propriétés physiques des adsorbants**

Tous les adsorbants précédents sont caractérisés par un certain nombre de propriétés physiques telle que : la porosité interne ; masse volumique de la particule ; surface spécifique des pores ; rayon moyen des pores et finalement la capacité théorique d'adsorption correspondant à la quantité maximale de soluté qui peut être adsorbée dans les conditions opératoires par unité de masse d'adsorbant frais.

#### **I-7-3-1-Le Charbon Actif (CA)**

Le Conseil Européen des Fédérations de l'Industrie Chimique (C.E.F.I.C) donne la définition suivante pour les charbons actifs : « Les charbon actifs sont des produit carbonées dotés d'une structure poreuse présentant une très grande surface de contact interne : ces matériaux issus d'un procédé industriel peuvent adsorber une large variété de substances c'est à dire qu'ils sont capables de fixer des molécules sur une surface interne : ils sont on conséquence appelée adsorbant ». Ils sont fabriqués à partir d'un grand nombre de matières organiques d'origine (végétal, animale ou minérale), les matières plus employé : bois [9,10], les noyaux de différents matériaux, résidus de pétrole, huile ou toute matière végétale pouvant se carboniser [11,12], Les charbons actifs sont des adsorbants à très efficaces pour adsorber la matière.

#### **I-7-3-1-1 Fabrication**

Comme on a dit précédemment le charbon actif peut être produit à partir de toute matière organique végétale riche en carbone. La fabrication de ce produit se décompose en deux étapes : la carbonisation (ou Pyrolyse) et l'activation [13].

#### **I-7-3-1-2 Carbonisation (pyrolyse)**

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

Le but de la pyrolyse est d'obtenir un produit fortement carboné, avec une microporosité rudimentaire (qui pourra ensuite être développée dans le processus d'activation dans le cas d'activation physique) ou microporosité totale (dans le cas d'activation chimique). Si le chauffage a lieu sous atmosphère oxydante, on réalise une

Combustion du matériau. Si le chauffage a lieu sous atmosphère inerte, on parle de Pyrolyse [13].

### **I-7-3-1-3 Activation**

La réaction d'activation est un procédé qui fait intervenir un agent oxydant à une température élevée, de manière à produire un produit poreux de masse inférieure. Cette perte de masse indique le degré d'activation (ou taux d'activation) habituellement appelé « Burn-off ».

Le taux de « Burn-off » augmente avec la durée de la réaction d'activation. Ce traitement sert à améliorer la porosité du matériau en augmentant son volume poreux et en élargissant le diamètre des pores formés lors de la carbonisation, mais également en créant de nouveaux pores. Ces pores sont créés par élimination sélective d'atome de carbone ce qui permet ainsi d'accéder à la structure interne de la CA [13,14]. Il existe deux types différents d'activation activation physique et un autre chimique.

#### **a) Activation physique**

Elle peut s'effectuer, entre 650 et 1000°C [15] selon les procédés de fabrication, sur un matériau déjà carbonisé, sous atmosphère inerte, par des agents oxydants tels que la vapeur d'eau [22, 21], CO<sub>2</sub> [16], l'air ou un mélange de gaz. L'agent activant oxyde les parties les plus réactives de carbone sous forme de CO ou de CO<sub>2</sub> [14].

#### **b) Activation chimique**

La carbonisation et l'activation peuvent se faire simultanément, et sont réalisées à des températures inférieures à 700 °C, à travers la décomposition thermique de la matière première imprégnée d'agents chimiques activant comme H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> [17, 18], ZnCl<sub>2</sub> [19] et KOH [20,21]..., ces agents chimiques favorisent, de façon catalytique, la déshydratation. Ces traitements d'activation ont pour but de développer et de moduler la structure poreuse du charbon et conduisent à une très forte augmentation de sa surface spécifique [14, 22].

### I-7-3-2-Les différentes formes du charbon actif

Selon leurs applications, les charbons actifs sont disponibles soit sous forme de Fibres, soit en Grains, soit en Poudre.

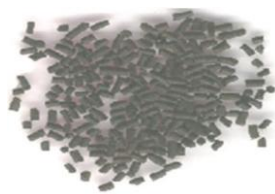


Figure 6-CA en Grain

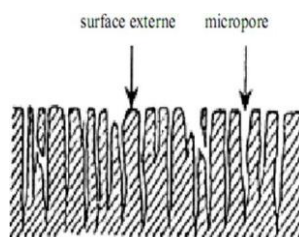


Figure 7-les fibres de CA



Figure 8- CA en poudre

### I-7-3-3-Propriétés d'un charbon actif

#### I-7-3-3-1-Structure d'un charbon actif

La structure des charbons actifs consiste en une association aléatoire de plans de carbone formant une structure poreuse pouvant contenir encore quelques hétéro-éléments (hydrogène, oxygène, soufre...). La Figure I-6 présente le modèle proposé par **Stoeckli** avec les plans de carbone formant les structures microporeuse.

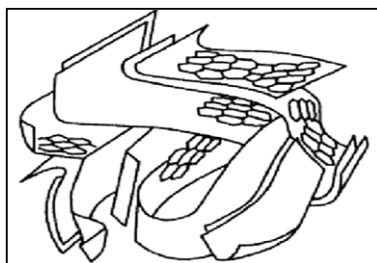


Figure 9- Représentation de Stoeckli de la microstructure d'un CA [14]

#### I-7-3-3-2-Surface spécifique d'un charbon active

Par définition, la surface spécifique d'un adsorbant est une surface par unité de masse. Elle est généralement exprimée en  $m^2/g$ . Son estimation est conventionnellement fondée sur des mesures de la capacité d'adsorption  $q_m$  de l'adsorbant en question, correspondant à un adsorbat donné; la molécule adsorbée doit avoir une surface connue et acceptable. Il suffit à cet effet, de déterminer la valeur de la capacité de la monocouche à partir de l'isotherme d'adsorption.

#### I-7-3-3-3-Les tailles des pores et le volume poreux d'un charbon actif

La classification des pores proposée par DUBININ et adoptée actuellement par l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (U.I.C.P.A.) est fondée sur leurs tailles. Trois catégories de pores ont été définies dans le Tableau I-2 [6].

**Tableau 01 : Classification de Dubinin 1960.**

Type de pores	Rayon (nm)	Surface spécifique (m <sup>2</sup> /g)	Volume massique (ml/g)
<b>Micropores</b> <sup>15</sup>	< 2	600 – 1500	0.2 – 0.6
<b>Mesopores</b>	2 – 50	20 – 70	0.02 – 0.1
<b>Macropores</b>	> 50 <sup>16</sup>	0.5 – 2	0.2 – 0.8

#### **I-7-3-3-4-La capacité d'adsorption d'un charbon actif (capacité utile)**

Plusieurs essais standardisés ont été définis pour caractériser la capacité d'adsorption d'un charbon actif notamment :

- L'indice de phénol déterminant l'efficacité d'un charbon actif pour l'élimination des goûts et odeurs.

L'indice d'iode caractérise les performances du charbon actif pour l'élimination des composés à faible poids moléculaire (diamètre effectif de la micro pores inférieure à 40 Å°).

#### **I-7-4 Les utilisations du charbon actif**

Les CA sont des adsorbants à très large spectre, très efficaces pour adsorber la matière organique et la micropollution dissoute (organique ou inorganique). Par exemple, les CA permettent d'éliminer la couleur, la pollution dissoute (pesticides, organo-halogénés) ou no (hydrocarbures), les odeurs, le goût. Ces adsorbants sont aussi utilisés pour purifier l'air dans des espaces clos (désodorisation), récupérer des solvants dans l'industrie chimique ou des métaux précieux (or, argent...) et d'autres composés inorganiques dans l'industrie hydro-métallurgique.

Dans le traitement des eaux, les charbons actifs sont utilisés pour produire de l'eau destinée à la consommation humaine, pour traiter des eaux de « process » et des eaux résiduaires urbaines ou industrielles, et également chez le particulier. Dans la filière de potabilisation d'une eau, les charbons sont utilisés pour traiter, par exemple, des pollutions accidentelles ou saisonnières de la ressource en eau, ou pour l'affinage de la qualité de l'eau dans un traitement tertiaire [22].

## **I-8 La pollution des eaux**

### **I-8-1 définition**

La pollution de l'eau correspond à la présence dans l'eau de minuscules organismes extérieurs, de produits chimiques ou de déchets industriels.

La contamination des eaux est un souci majeur pour la protection des écosystèmes et des ressources en eaux. Elle est l'objet de beaucoup d'études aussi bien au niveau des eaux superficielles que souterraines.

La contamination par tous les intrants peut être de différentes sortes selon le type d'eau et son emplacement [27-29].

Pour l'eau superficielle, la pollution peut être :

- directe et volontaire par une utilisation normale des produits phytosanitaires et autres produits à des fins dans la vie courante (lutte anti-acridienne, utilisation des pesticides ou engrais dans l'agriculture, eaux usées des usines, etc....) ;
- indirecte par ruissellement ou transfert des produits suite à leur épandage dans le milieu ou drainage des eaux usées ;
- la conséquence de l'eutrophisation qui est due à la présence de plantes ou autres êtres vivants.

Pour l'eau souterraine, elle peut être :

- directe et volontaire suite au rejet de produits ou de déchets dans la source ;
- indirecte suite à l'utilisation normale des produits dans la vie et qui se trouvent lessivés des sols vers les eaux souterraines ou dans le cas où les puits ne seraient pas protégés contre les intrants qui sont liés aux conditions climatiques (comme le vent de sable en Mauritanie).

### **I-8-2 Mode de pollution**

Toutes ces contaminations peuvent être classées en trois types de pollutions liées aux modes de propagation : pollutions accidentelles, pollutions diffuses et pollutions anthropiques. [23].

#### **I-8-2-1 Pollution accidentelle**

Le plus souvent les pollutions ponctuelles se trouvent liées aux grandes activités industrielles ou agricoles. Elles peuvent aussi résulter d'un accident de transport ou d'une catastrophe naturelle sur des usines ou stockages des produits qui vont engendrer cette pollution.

#### **I-8-2-2 Pollution diffuse**

Elle résulte de la propagation de l'agent responsable de la pollution par différents vecteurs de transport, qu'il soit utilisé de façon habituelle pour des usages courants ou non. Le lessivage des pesticides du sol et le transport des matières actives par le vent dans les zones parfois même inaccessibles en sont des exemples concrets et très inquiétants.

Elle est souvent attribuée à la présence de la flore dans les eaux surtout si ces eaux sont stagnantes ou si leur renouvellement reste très occasionnel et limité dans le temps. La pollution résulte ainsi de l'eutrophisation qui est l'augmentation des débris organiques et nutritifs dans une eau stagnante. Ce déséquilibre entraîne entre autre la prolifération des plantes et algues causant ainsi la diminution du taux de l'oxygène nécessaire à la vie de la faune et de la flore aquatiques. La pollution peut être définie comme une conséquence d'une cause bien précise: la pollution agricole, la pollution urbaine et la pollution industrielle. Cette classification donne l'origine de la pollution qui pourra sous-entendre pour les spécialistes du domaine l'ensemble des intrants dans le milieu en fonction de la zone en question, du mode de vie de sa population et de son développement. Ainsi la pollution agricole est responsable de l'augmentation des nitrates dans les eaux de surfaces en grande partie. Peter et al. (2003) ont pu montrer des pics de concentrations des nitrates dans les eaux de surface du nord de l'Australie dans le cadre d'une étude qui s'est déroulée de 1993 à 1999. Ils en attribuent l'origine en grande partie aux activités agricoles et industrielles de la région. En Italie, les études de Davida et al. (2003) sur des sédiments et des matières en suspension d'une rivière, ont montré l'augmentation du phosphore ces dernières années à côté des micro-polluants métalliques.[31-32].

### **I-8-3 Les types de pollution**

La pollution de l'eau est l'ensemble des nuisances auxquelles peut être exposé son usager. La pollution engendrée peut être d'ordre physique (radioactivité, élévation de la température...), chimique (rejets agricoles, industriels et urbains) et microbiologique (rejets urbains, élevage...). Pour mieux évaluer la pollution, il existe des paramètres qui permettent d'estimer l'ampleur de celle-ci en fonction de son type. [23].

#### **I-8-3-1 La pollution chimique**

Dans cette famille, on distingue d'une part, les polluants organiques qui sont

généralement biodégradables (matières organiques, les graisses) sauf les composés organiques synthétiques (bi phényles poly chlorés) et d'autre part les polluants inorganiques qui sont

généralement les plus toxiques. Les métaux lourds (Cd, Pb, Zn, Cr, Cu) provenant des

activités industrielles, ainsi que des pratiques agricoles appartiennent à cette catégorie.

Actuellement, on parle des micropolluants qui se définissent comme étant des composés

présents dans les eaux, dans les boues ou dans les eaux naturelles à de concentrations extrêmement faibles de l'ordre du microgramme ( $\mu\text{g}$ ) ou de nano gramme (ng) par litre .

L'atrazine, un pesticide, le bisphénol A, un additif des plastiques et le méthyl-tier-butyl-éther, un antidétonant, fait partie des micropolluants. A cette liste on peut ajouter les produits

d'hygiène corporelle et/ ou pharmaceutique. Ces derniers s'introduisent dans les eaux par

l'intermédiaire des urines, excréta ou du déversement des médicaments dans les latrines. [16-30].

#### **I-8-3-2 La pollution physique**

La pollution physique est liée au facteurs influents sur l'état physique de l'eau tels que la température, la présence des particules ou mousses et le changement de l'effet réfractaire de l'eau. Le rejet d'eau chaude des centrales nucléaires dans les cours d'eau constitue la préoccupation de nombreux pays. De nos jours, aucune installation qui pourrait être à l'origine de la pollution physique n'est présente en Mauritanie.[23].

### **I-8-3-3 La pollution microbiologique**

La pollution microbiologique résulte de la présence dans l'eau de microorganismes qui sont véhiculés par l'eau et sont responsables de beaucoup de maladies hydriques (Belhaj, 2001). L'eau peut être un milieu favorable aux développements des bactéries et virus nuisibles à la santé humaine des populations qui l'utilisent pour leurs besoins. Les bactéries pathogènes (Vibrionacea, Enterobacteriaceae, etc...) sont responsables des principales maladies hydriques. Les parasites sont eux aussi la cause de plusieurs autres maladies (hépatite infectieuse, méningite, etc...). [30].

L'activité hospitalière génère des effluents dont la nature, le volume et l'élimination présentent un danger potentiel pour l'homme et son environnement : leur évacuation, au même titre que les rejets domestiques classiques, vers le réseau d'assainissement communal sans traitement préalable est à l'origine de contaminations graves. Ils contiennent en effet des résidus médicamenteux, réactifs chimiques, antiseptiques, désinfectants, détergents, révélateurs et fixateurs de radiographies, germes pathogènes, qui sont trop spécifiques pour ne pas être pris en considération.

Le taux de salinité élevé des eaux d'arrosage et des sols enregistré au niveau de périmètre maraîcher de Sebkha est préjudiciable à la productivité de cultures qui ont, rappelons-le, longtemps représenté une activité économique à part. d'après Centre Nationale d'hygiène , Le maraîchage est menacé par l'élimination sauvage dans le réseau d'assainissement local des grandes quantités d'eau de mer destinées au traitement des produits halieutiques produire par la Société Pro-pêche.

### **I-8-4 Les applications de l'adsorption**

Le principal adsorbant utilisé en pratique est le charbon actif, obtenu à partir de matières organiques (bois, tourbe) carbonisées, puis activées (on dégage les cavités remplies de goudron lors de la carbonisation). Le charbon actif peut être obtenu soit sous forme de poudre (on obtient des pores de quelques  $\mu\text{m}$  de dimension), soit sous forme de grain . Le charbon actif peut être régénéré (par désorption) selon trois procédés (à la vapeur, thermique, chimique).

L'adsorption est essentiellement utilisée pour le traitement de l'eau et de l'air.



**L'eau :**

Pour l'épuration des eaux résiduaires, on utilise en général du charbon actif en grains, en raison des possibilités de réactivation. L'adsorption sur charbon actif est destinée à traiter des matières organiques réfractaires, ne se trouvant pas en quantité trop importante, car cela saturerait trop rapidement les surfaces adsorbantes et nécessiterait une régénération coûteuse et fréquente. L'adsorption sur charbon actif intervient au niveau tertiaire dans les chaînes de traitement des eaux (pour l'affinage), ou pour extraire des métaux lourds d'eaux résiduaires industrielles.

**L'air :**

L'adsorption est également utilisée pour dépolluer l'air et de nombreux gaz industriellement importants. Le gaz doit parfois être pré-traité par filtration, afin d'enlever les particules les plus grosses, risquant d'obstruer le lit adsorbant. Les applications principales sont l'élimination des odeurs désagréables (provenant de la fabrication de produits alimentaires, de fabriques de cuirs et de textiles, et des installations de gaz naturel), et celle des solvants volatils. On peut aussi citer l'utilisation de l'adsorption sur charbon actif pour dépolluer l'air de vapeurs d'essence, ce qui a une application immédiate en automobile, pour améliorer la qualité de l'air au niveau de l'habitacle.

La diversité des solides adsorbants, en particulier des charbons actifs, qui sont ici aussi les plus utilisés, permet un traitement spécifique pour de nombreux polluants, mais nécessite de bien connaître la composition du gaz à traiter, afin de choisir le charbon actif qui conviendra le mieux. [33]

### **III.10. Conclusion**

La principale application du charbon actif est la purification. C'est la vaste structure poreuse de la matrice charbonneuse qui assure l'adsorption; par le charbon actif; des produits contaminants indésirables des liquides et des flux gazeux, de manière économique.

En revanche la surface spécifique et la structure poreuse de charbon actif dépendent beaucoup des matières de départ et du mode de traitement. Les noyaux de dattes sont considérés comme un bon précurseur utilisé dans le domaine de fabrication du charbon act

*Chapitre II :*  
***PARTIE EXPÉRIMENTALE***

---

## ***II-1 Introduction***

Le palmier dattier (nom scientifique : *Phoenix dactilifera*) joue un rôle économique, social et écologique très important pour les peuples des régions arides et semi-arides. Il est directement ou indirectement source de vie, par la production des dattes et par les divers usages de ses sous-produits au profit des oasiens et de leurs cheptels. En effet, les palmiers apportent de la nourriture (fruits, sucres, boissons), certains matériaux de construction (stipe, feuilles) et des fibres à utilisation diverses (habillement, objets de décors,...) [34].

La composition chimique montre une richesse de la pulpe de dattes en sucres (81,61-88,64%) et en eaux (13,70-27,70 %) [35-36].

Le noyau est plutôt riche en fibres (64,5-75%) et en lipides (6,73-13,20%) [37-38].

Le rejet de ces sous-produits constitue véritable perte économique puisqu'ils sont riches en éléments nobles pouvant être valorisés. Dans la majorité des pays producteurs de dattes, les noyaux sont jetés ou partiellement incorporés dans l'alimentation animale.

L'emploi de ces supports filtrants ou adsorbants dans les domaines cités, nécessite cependant une connaissance de structure et de texture du matériau fabriqué à savoir son humidité, taux de cendre, pH, surface spécifique, volume poreux etc. La connaissance de ces paramètres de caractérisation aide à l'explication des phénomènes qui régissent l'efficacité et la durabilité du charbon utilisé.

Dans le but de valoriser les matériaux locaux en charbon actif, nous avons utilisé comme précurseur les noyaux de dattes sud Algérien de la localité de Ouargla.

## ***II.2. Fabrication et application du charbon actif à partir des noyaux des dattes***

### **Matière première**

Afin de valoriser les matériaux locaux, nous avons utilisé les noyaux des dattes pour produire le carbone actif. La matière première provenant de la région de Ouargla (Sud Est d'Algérie), on a choisi la variété Ghars (G).

On a collecté les noyaux à partir des fruits des dattes comme il est représenté dans la Figure.10 et 11 .



**Figure 10.** Échantillons des dattes cultivés de la région de Ouargla.



**Figure 11.** Les noyaux extraits des dattes

### **Matériels utilisés**

Les équipements utilisés durant l'expérience de la fabrication du charbon et le charbon actif sont les suivants :

- étuve ; broyeur ; tamis ; balance ; creusets ; béciers, four programmable (four à moufle).

### **La méthodologie de préparation du charbon à partir des noyaux des dattes**

Avant de commencer le procédé de fabrication du noir du charbon, un prétraitement des noyaux des dattes a été réalisé, premièrement ces derniers ont été lavés par l'eau et séchés pendant 12 heures dans un four à une température de 130°C. Puis, on passe les noyaux préparés (Prétraitement) dans un four pour la cokéfaction. La carbonisation a été réalisée à une température de 180°C pendant près d'une à deux heures pour permettre d'éliminer les impuretés relatives à la carbonisation, suivie d'une étape de refroidissement pendant 30 min.

---

### II.3. Echantillonnage des dattes

- ▶ **Lieux de récolte** : dans le but d'obtenir un échantillon représentatif de la région d'étude, les dattes ont été récoltées de trois zones différentes : Ouargla, Hassi Ben Abdellah et Ngoussa.
- ▶ **Période et stade de récolte** : Septembre 2015, où les dattes sont en stade de maturation.

Environ 75 g du matériau de départ est placé dans nacelle en quartz pour faire la pyrolyse et l'activation dans un four électrique vertical (Eurotherm 2416CG, 2416P8 (réf. BGVA12-300b de CARBOLITE, R-).

Dans le but d'une valorisation de sous-produits locaux, nous avons utilisé comme précurseur les noyaux de dattes de la région de Ouargla (Sud Est d'Algérie), on a choisi deux variétés (les plus disponibles), la variété Deglet-Nour (DN) et la variété Ghars (G).

Le noyau de dattes est une graine de forme allongée de grosseur variable dont le poids oscille autour d'un gramme. Il représente 7 à 30% du poids total de la datte [39], 10-15% du poids total de fruit [40]. Il est constitué d'un albumen corné, de consistance dure et protégé par une enveloppe cellulosique. Ces derniers sont faciles à récupérer dans les industries de transformations technologiques ou biologiques des dattes ou à partir des écarts de triage.

Les noyaux de dattes sont un excellent combustible utilisé par les boulangers, les potiers et dans les briqueteries artisanales.

Le protocole expérimental dans le cas de charbon actif issus de noyaux de datte est représenté dans l'organigramme suivant :

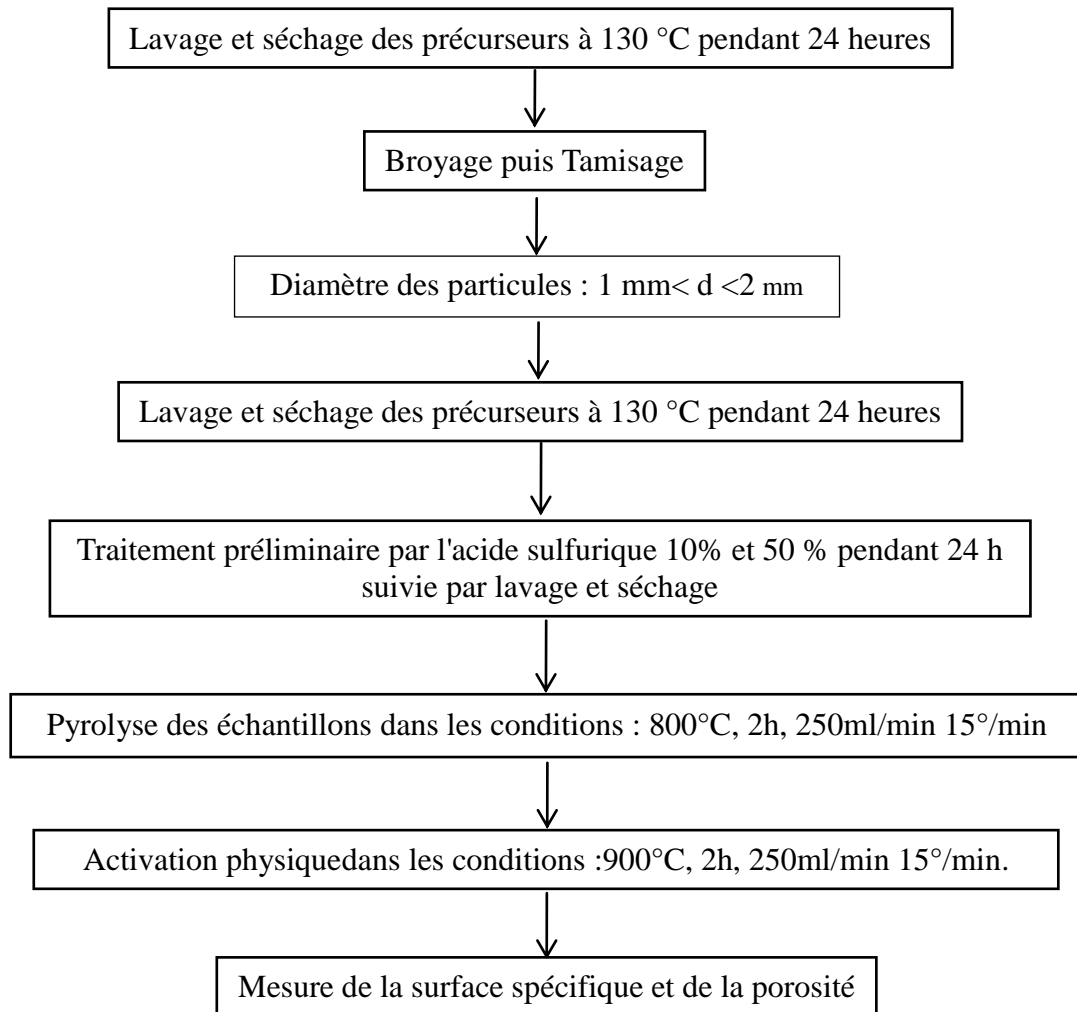


Figure .12. Schéma présente les étapes d'activation du charbon (Noir du carbone).

Tableau 2- : Caractéristiques de charbon actif TE 80

Propriété	valeur
Masse volumique de tas	$\rho_t = 460 \text{ kg m}^{-3}$
Granulométrie	$\bar{d}_p = 815 \mu\text{m}$
Porosité externe	$\epsilon_B = 0,524$
Volume poreux total	$V_{\text{poreux}} = 0,550 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$
Surface BET	$S_{\text{BET}} = 1037 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$
Masse volumique de grain	$\rho_p = 966 \text{ kg m}^{-3}$
Porosité interne	$\epsilon_p = 0,563$
Taux de cendres	1,6 %
Taux d'humidité	3,3 %

Tableau 3- : Caractéristiques de charbon actif 10% et 50%

Propriété	CA 10%	CA 50%
Volume micropore $m^2/g$	0.1792	0.1844
Surface micropore $m^2/g$	307.3173	332.5947
Surface externe( $S_{Ex}$ ) $m^2/g$	37.5531	34.948
Surface spécifique( $S_{BET}$ ) $m^2/g$	344.8704±13.0078	367.5428±11.4442

#### II.4.Echantillonnage des eaux

Le prélèvement d'un échantillon d'eau conditionne les résultats analytiques et l'interprétation qui en sera donnée. A cet effet, l'échantillon doit être homogène représentatif et obtenu sans que ses caractéristiques soient altérées.

► **Localisation des points de prélèvement:** le point de prélèvement choisis dans cette étude est:

La sortie de la station d'épuration de la localité de Sidi Khouiled pour l'analyse des paramètres de pollution (DCO, DBO<sub>5</sub> et MES).

► **Période de prélèvement:** des prélèvements quotidiens ont été effectués du 24 février 2016 au 16 mars 2016 pour l'analyse des paramètres de pollution.

► **Mode de prélèvement:** le prélèvement des échantillons est facilité par l'emploi d'un échantillonneur automatique (Figure 13) qui fournit un prélèvement de 200 ml par heure. Après 24 heures l'ensemble des flacons fermés et étiquetés sont transportés au laboratoire pour former un échantillon représentatif par mélange.



Figure 13 : Echantillonneur automatique

## II.5-Techniques d'analyse des eaux

### II.5.1-Mesure de la DCO :

La valeur de la DCO est une indication importante, avec laquelle on peut caractériser la pollution globale d'une eau par des composés organiques. Cette mesure correspond à une estimation des matières oxydables, présentes dans l'eau quelle que soit leur origine, organique ou minérale, biodégradable ou non.

La détermination de la DCO se fait essentiellement par oxydation avec le dichromate de potassium  $K_2Cr_2O_7$  à ébullition pendant 2 heures en présence d'ions  $Ag^+$  comme catalyseurs d'oxydation et d'ions  $Hg^{+2}$ .

**II.5.2-Mesure de la DBO<sub>5</sub> :** la mesure de la DBO<sub>5</sub> nécessite la connaissance des informations regroupées dans le tableau 04 :

**Tableau 04 : Conditions de mesure de la DBO<sub>5</sub>.**

DCO (mg /l) x 0,8	Volume (ml)	Facteur de dilution
0 – 40	432	1
40 – 80	365	2
80 – 200	250	5
200 – 400	164	10
400 – 800	97	20
800 – 2000	43,5	50
2000 – 4000	22,7	100

La détermination de la DBO<sub>5</sub> consiste à mesurer la consommation d'oxygène par voie biologique à température constante de 20°C, pendant un temps limité, par convention à 5 jours et à l'obscurité à l'aide d'un système de mesure OxiTop. . Cette différence de pression est convertie en DBO<sub>5</sub> (mg/l) une fois multipliée par le facteur de dilution Ce système est plus pratique, rapide et donne des résultats représentatifs (Rodier, 2005).

Au cours de ce chapitre, on va procéder au prélèvement et à l'échantillonnage afin d'analyser l'eau usée épurée traitée de la STEP de Sidi Khouiled. L'analyse effectuée touche les paramètres de pollution



### Mesure MES

La présence des MES dans l'eau provoque sa turbidité. Pour le dosage des MES, nous avons utilisé la méthode par filtration sur disque filtrant de 0.45µm. Le filtre est séché à 105°C puis pesé après refroidissement (Norme EN 872, 1996).

Le taux des MES exprimé en (mg/l) est donné par l'expression :

$$MES = (M_0 - M_1)1000/V \quad (\text{Rodier, 2005}). (06)$$

Où

V : Le volume en ml d'échantillon utilisé ;

M<sub>0</sub>: La masse en mg du disque filtrant avant utilisation ; M<sub>1</sub> : La masse en mg du disque filtrant après utilisation.

#### II.5.3 Préparations des adsorbants et échantillons

Nous avons utilisé 1 g de CA avec 400 ml d'eau usée traitée de la STEP de Sidi Khouiled , tous les échantillons sont placés dans un agitateur qui est programmé à 200 tr/min avec une durée variable de 30-300 min.

*Tableau .5 : préparation des échantillons*

Temps d'agitation	30 min	60 min	90 min	180. min	240. min	300. min
CA TE80	1g/400 ml	1g/400 ml	1g/400 ml	1g/400 ml	1g/400 ml	1g/400 ml
CA 10%	1g/400 ml	1g/400 ml	1g/400 ml	1g/400 ml	1g/400 ml	1g/400 ml
CA 50%	1g/400 ml	1g/400 ml	1g/400 ml	1g/400 ml	1g/400 ml	1g/400 ml

#### II.5.4 Protocole expérimental d'adsorption

La filtration a été réalisée par l'utilisation d'un entonnoir rempli par le coton, les suspensions ont été conservées dans des flacons spéciaux.

## II.6 Résultats et discussion

### Isothermes d'adsorption et modélisation par les modèles de Langmuir et de Freundlich MES:

La concentration initiale fournit une force d'entraînement importante pour surmonter toutes les résistances de transfert de masse de toutes les molécules entre les phases aqueuses et les solides. Dans cette étude, l'effet de la concentration initiale de MES sur la quantité adsorbée ( $\text{mg.g}^{-1}$ ) par les charbons actifs TE80 commerciale et CA 10% et CA50% a été étudié dans un intervalle de temps d'agitation de (30 – 300 min).

Les isothermes d'adsorption de MES mesurées à température ambiante sont représentées sur la Figure . l'isotherme de CA TE80 et CA 50% d'adsorption montre une forme-S (Langmuir) selon la classification de Giles et al.

Les charbons CA TE80 et CA 50% adsorbent plus de MES que le charbon CA 10%.

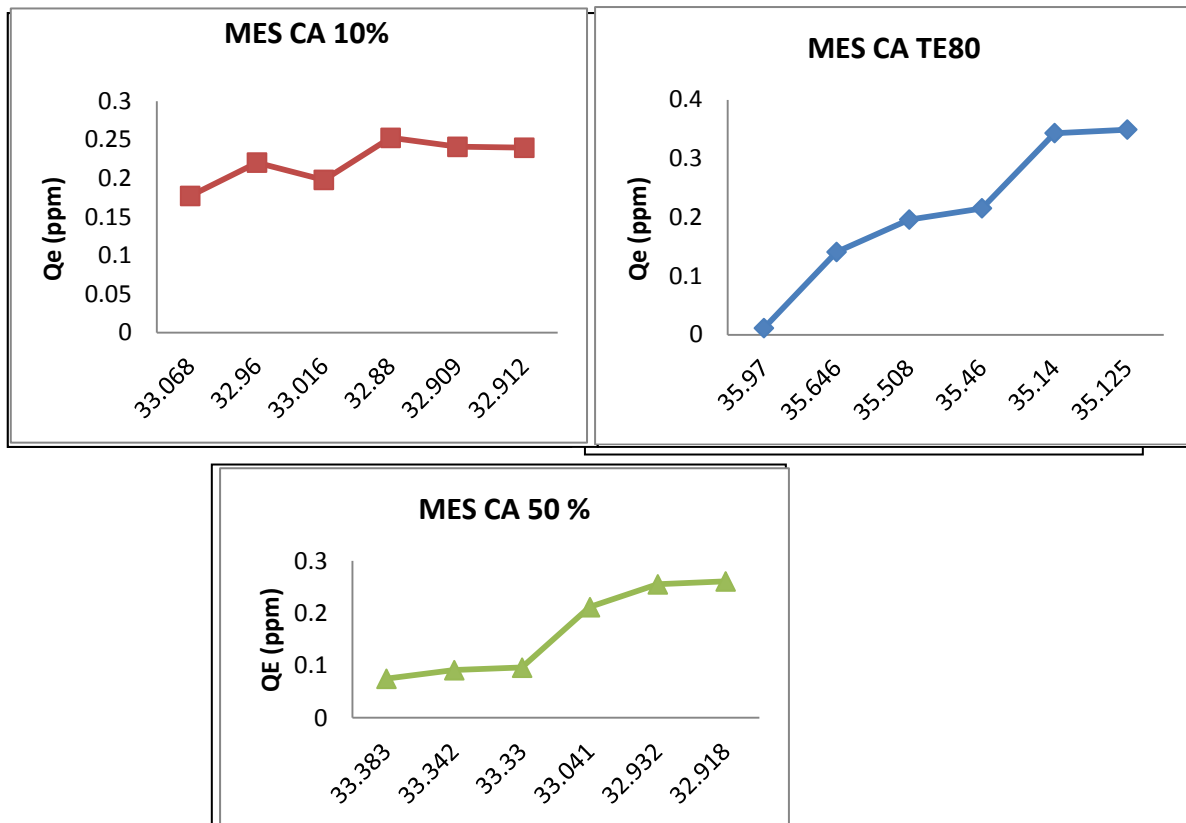


Figure .14: Isothermes expérimentales d'adsorption des MES sur les charbons actifs ( $Q_e=f(C_e)$ )

### DCO:

isothermes d'adsorption de DCO mesurées à température ambiante sont représentées sur la Figure15. Les trois charbons adsorbent moins au début après 180 min une augmentation inorme d'adsorption.

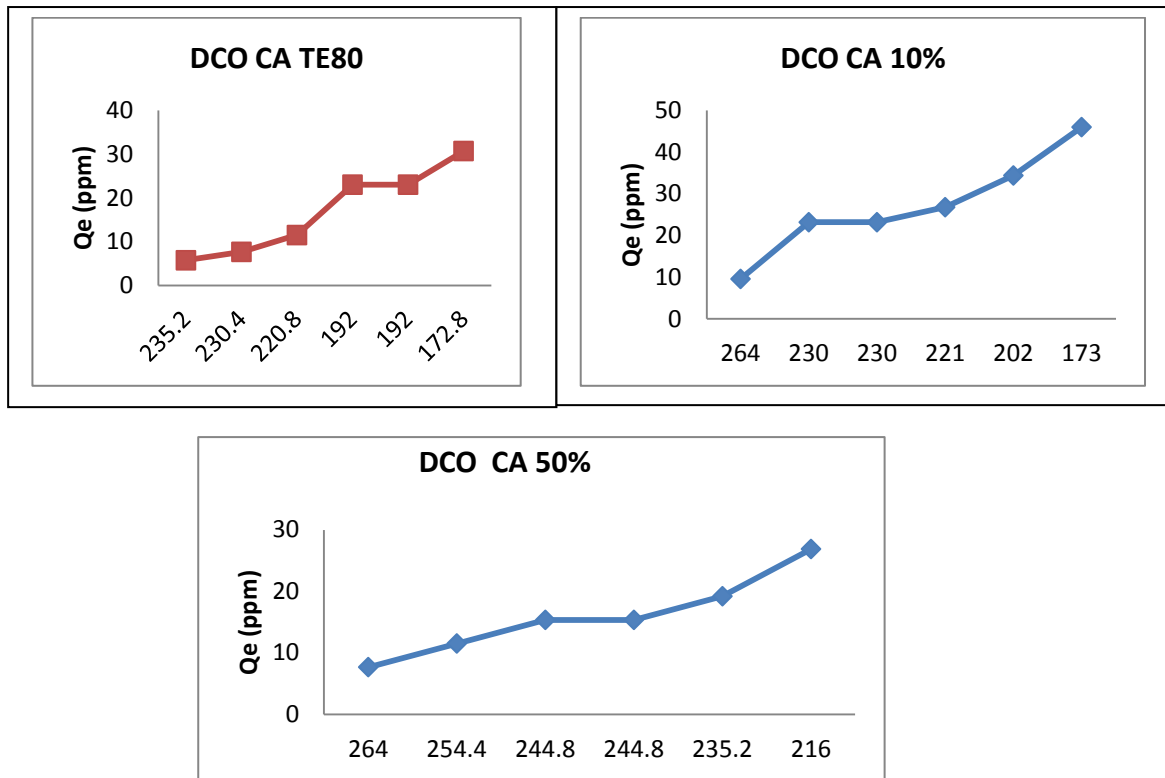


Figure .15: Isothermes expérimentales d'adsorption des DCO sur les charbons actifs

**DBO<sub>5</sub>:**

Les isothermes d'adsorption de DBO<sub>5</sub> mesurées à température ambiante sont représentées sur la Figure 16 . Chaque isotherme d'adsorption montre une forme-S (Langmuir) selon la classification de Giles.

Les charbons CA 50% adsorbe plus de DBO<sub>5</sub> que les autres charbons.

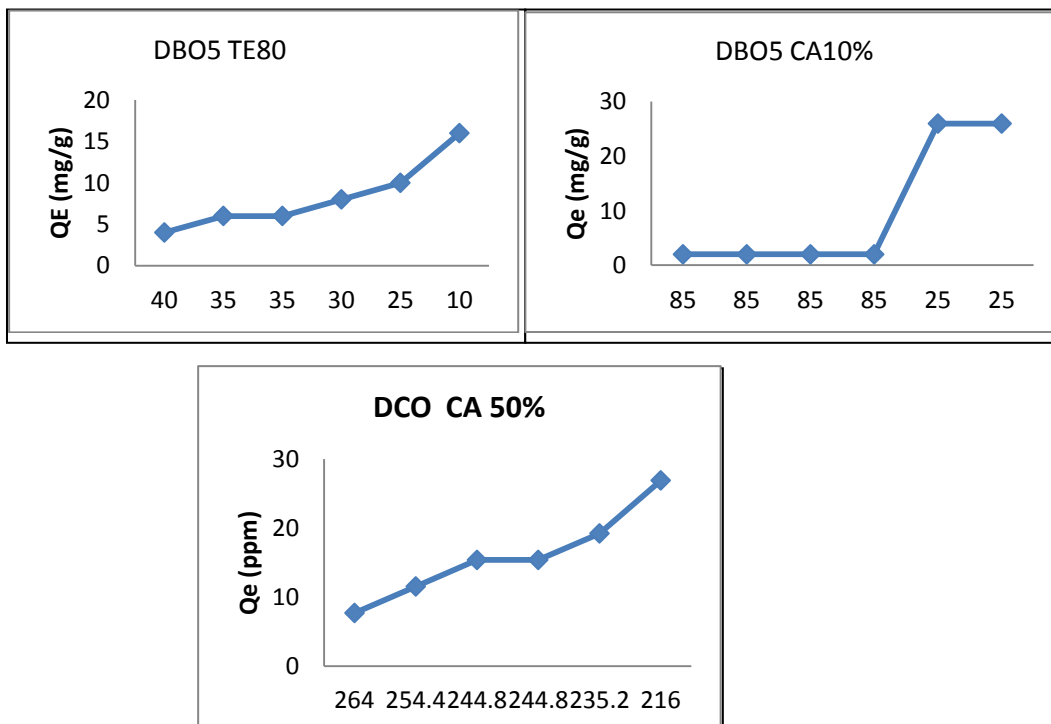


Figure .16: Isothermes expérimentales d'adsorption des DBO<sub>5</sub> sur les charbons actifs

## II.6.2 Paramètres influençant le processus d'adsorption

### II.6.2.1-Le temps de contact

#### MES:

L'influence du temps de contact sur le processus d'adsorption des MES sur le charbon actif le CA-TE80, CA-10% et CA-50% est présentée dans le tableau ( 6 ) et la figure(17) .

**.Tableau 6- : Effet du temps de contact sur l'adsorption des MES sur le CA-TE80, CA-10% et CA-50%.**

t (min)	CA-TE80			CA-10%			CA-50%		
	C <sub>e</sub> (mg/l)	Q <sub>e</sub> (mg/g)	Taux d'Elimination %	C <sub>e</sub> (mg/l)	Q <sub>e</sub> (mg/g)	Taux d'Elimination %	C <sub>e</sub> (mg/l)	Q <sub>e</sub> (mg/g)	Taux d'Elimination %
30	35,97	0,0112	0,078	33,068	0,1772	1,32	33,383	0,0748	0,56
60	35,646	0,1408	0,98	32,96	0,2204	1,64	33,342	0,0912	0,68
90	35,508	0,196	1,36	33,016	0,198	1,48	33,33	0,096	0,71
180	35,46	0,2152	1,49	32,88	0,2524	1,88	33,041	0,2116	1,58
240	35,14	0,3432	2,38	32,909	0,2408	1,80	32,932	0,2552	1,90
300	35,125	0,3492	2,43	32,912	0,2396	1,79	32,918	0,2608	1,94

Les deux formules sont :

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

$$R = 100 \frac{([C_0] - [C_e])}{[C_0]}$$

(12) et (13)

**avec :** C<sub>0</sub> : concentration initiale en ions métalliques dans la solution (mg/l).

C<sub>e</sub> : concentration résiduelles en ions métalliques relevées à l'équilibre (mg/l).

m : masse d'adsorbant introduit en solution (g).

V : volume de la solution métallique par litre (l).

L'un des facteurs influant sur l'adsorption est le temps de contact entre l'adsorbant et l'adsorbant, et pour assurer l'équilibre il faut déterminer la cinétique d'adsorption d'adsorbant, ce qui conduit à la valeur du temps d'équilibre nécessaire pour mesurer l'isotherme en question. D'après la figure ci-dessus, on remarque que l'équilibre est atteint à 240~300 minutes.

L'équilibre s'établit au bout de quatre heures, à partir de ce temps de contact la quantité de MES adsorbée demeure constante, soit **0.3432** mg/g correspondant à un taux d'élimination de **1.90** %.

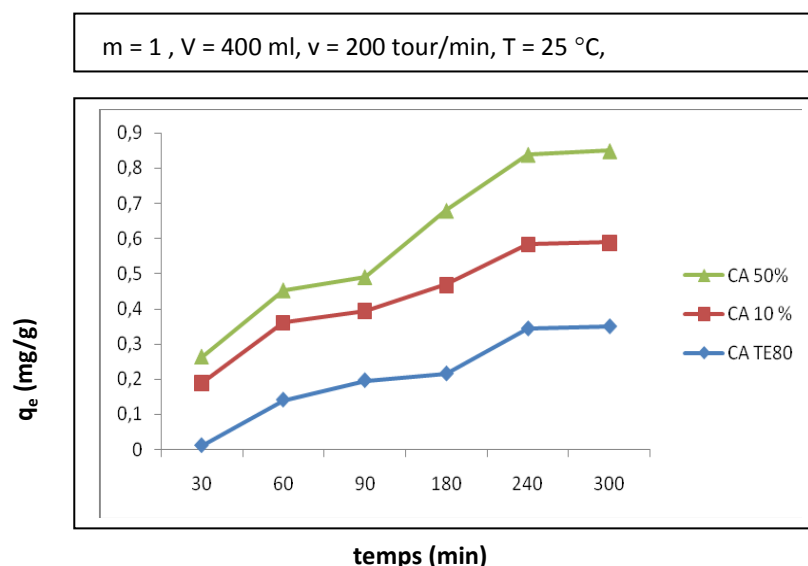


Figure. 17. : Cinétique d'adsorption de la MES sur les charbons actifs

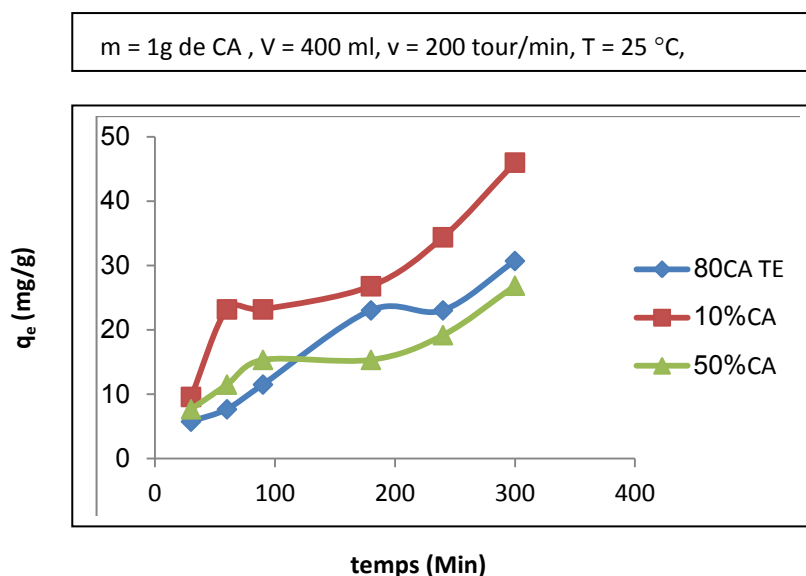
### DCO:

Tableau 7 : Effet du temps de contact sur l'adsorption des DCO sur le CA-TE80, CA-10% et CA-50%.

t (min)	CA-TE80			CA-10%			CA-50%		
	C e (mg/l)	Qe (mg/g)	Taux d'Elimination %	C e (mg/l)	Qe (mg/g)	Taux d'Elimination %	C e (mg/l)	Qe (mg/g)	Taux d'Elimination %
30	235,2	5,76	5,7692308	264	9,6	8,3333333	264	7,68	6,77966
60	230,4	7,68	7,6923077	230	23,2	20,13889	254,4	11,52	10,1695
90	220,8	11,52	11,538462	230	23,2	20,13889	244,8	15,36	13,5593
180	192	23,04	23,076923	221	26,8	23,26389	244,8	15,36	13,5593
240	192	23,04	23,076923	202	34,4	29,86111	235,2	19,2	16,9492
300	172,8	30,72	30,769231	173	46	39,93056	216	26,88	23,7288

D'après la figure ci-dessus, on remarque que l'équilibre est atteint à 180~240 minutes mais in une chute de concentration de DCO.

L'équilibre s'établie au bout de cinq heures, à partir de ce temps de contact la quantité de DCO adsorbée demeure constant.



*Figure. 18.: Cinétique d'adsorption de la DCO sur les charbons activés*

**DBO5:**

**Tableau 8 : Effet du temps de contact sur l'adsorption des DCO sur le CA-TE80, CA-10% et CA-50%.**

t (min)	CA-TE80			CA-10%			CA-50%		
	C e (mg/l)	Qe (mg/g)	Taux d'Elimination %	C e (mg/l)	Qe (mg/g)	Taux d'Elimination %	C e (mg/l)	Qe (mg/g)	Taux d'Elimination %
30	40	4	20	85	2	5,55556	120	14	22,581
60	35	6	30	85	2	5,55556	85	28	45,161
90	35	6	30	85	2	5,55556	80	30	48,387
180	30	8	40	85	2	5,55556	70	34	54,839
240	25	10	50	25	26	72,2222	50	42	67,742
300	10	16	80	25	26	72,2222	20	54	87,097

D'après la figure ci-dessous, on remarque que l'équilibre est atteint à 180~300 minutes dans le CA 10%.

L'équilibre s'établit au bout de trois heures, à partir de ce temps de contact la quantité de DBO5 adsorbée demeure constante.

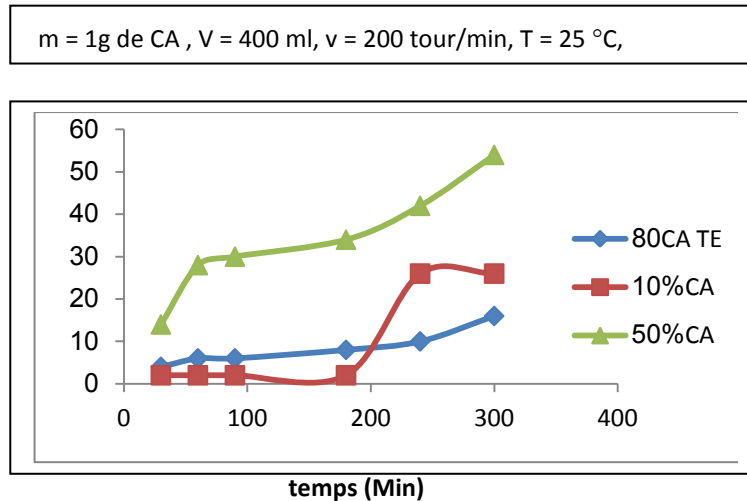


Figure. 19. : Cinétique d'adsorption de la DBO5 sur les charbons actifs

### II-6-3- Effet du pH

L'eau usée upéré (300ml) est introduite dans 6 bouteilles; on ajoute 100 ml de HCL 1N pour 3 bouteilles et NaOH 1N pour les autres bouteilles après agitation 2 heures, on ajoute 1 g de CA (TE 80, 10%; 50%). on mesure après les paramètres : DBO5, DCO et PH.

L'effet du pH de la solution sur la capacité d'adsorption de la DCO et DBO5 a été étudié sur les charbons actifs suivants (CA TE80, CA 10%, CA 50%). La capacité d'adsorption est inversement proportionnelle avec le pH pour les trois charbons.

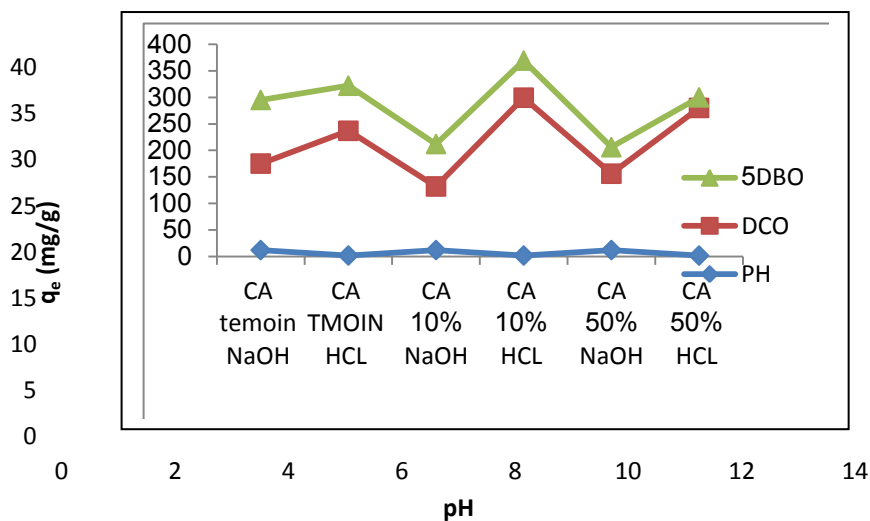


Figure. 20. : Effet du pH de la solution sur l'adsorption de la DCO et DBO5

## II.6.4 Le rendement d'élimination R (%) de MES,DCO et DBO5 :

### II.6.4.1 La Demande Chimique en Oxygène (DCO)

Elle représente la concentration exprimée en mg/l d'oxygène équivalent à la quantité de dichromate de potassium consommée par la matière dissoute et en suspension lorsqu'on traite un échantillon d'eau avec cet oxydant dans les conditions normalisées. La DCO est mesurée plusieurs fois, selon les normes AFNOR (par oxydation des matières réductrices contenues dans l'eau et par un excès de dichromate de potassium) (NFT 90-101).

La demande chimique en oxygène est considérée comme un indicateur principal du degré de la pollution organique (Rodier J. 1996). La mesure de DCO nécessite une précision élevée à cause de la sensibilité des solutions utilisées et les erreurs de l'expérimentateur qui peuvent survenir lors de la prise d'essai des eaux à analyser, ou bien des volumes de solutions utilisés (assez petits). Les campagnes des mesures sont effectuées d'une façon hebdomadaire, les valeurs de la DCO sont représentées au tableau .

Afin de suivre le rendement épuratoire de la DCO, les mesures sont faites après ajout de CA est agitation entre (30 min et 300min) en appliquant la formule suivante:

$$\text{Rendement (\%)} = \frac{\text{DCO}_{\text{eau usée}} - \text{DCO}_{\text{eau filtrée}}}{\text{DCO}_{\text{eau usée}}} \times 100$$

Les valeurs de rendement en DCO sont illustrées par la Figure ( 21 ).

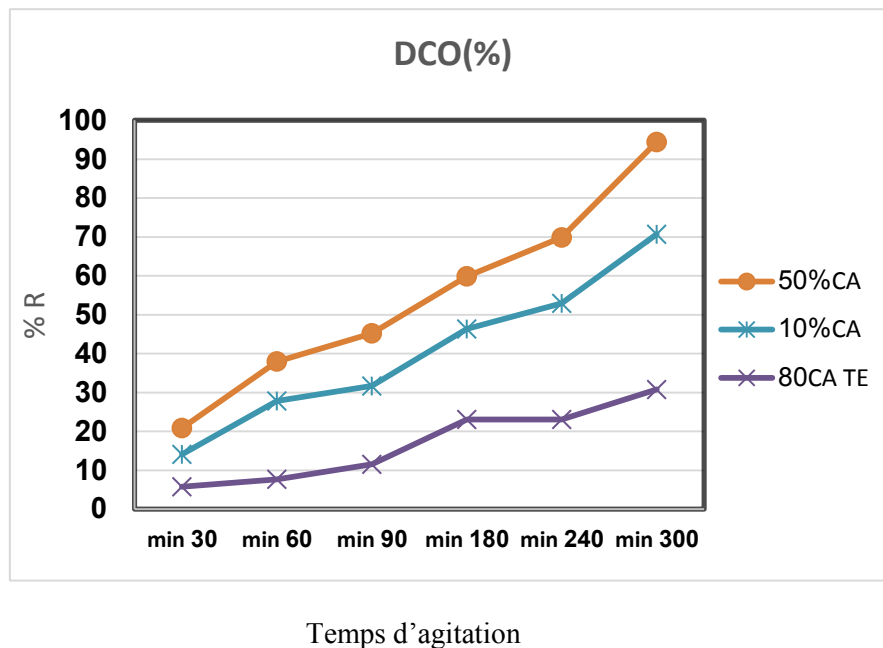


Figure.21. : Evolution du rendement en DCO en fonction du temps.



Au début du d'agitation, le rendement épuratoires qui est faible. Nous observons ensuite une augmentation des rendements épuratoires de la DCO pour l'ensemble des périodes d'agitation. le CA 50% est le meilleur adsorbant qui adsorbe plus que les autres CA.

#### II.6.4.2 La Matire en Suspension (MES)

Les rendements de MES augmentepar rapport au temps d'agitation et le meilleur adsorbant parmi les trios CA est le CAG 50%.

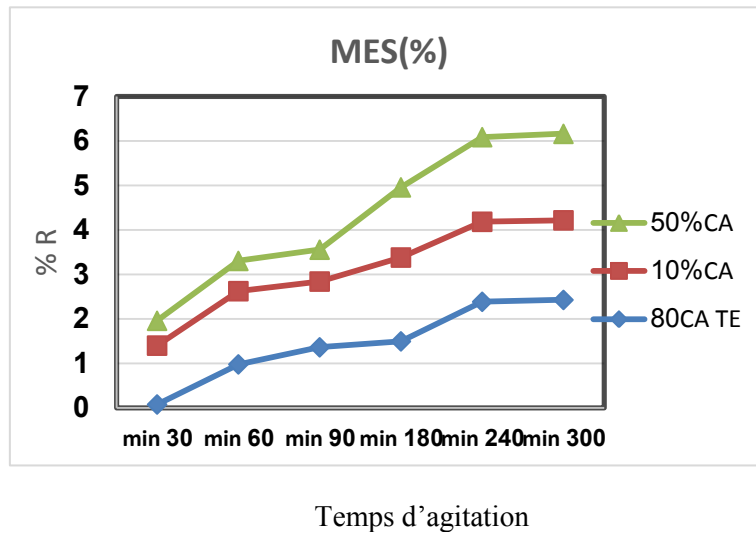


Figure.22.: Evolution du rendement de MES en fonction du temps

#### II.6.4.3 La Matire en Suspension (DBO5)

Les rendements de la DBO5 augmentepar rapport au temps d'agitation et le meilleur adsorbant parmi les trios CA est le CAG 50%.

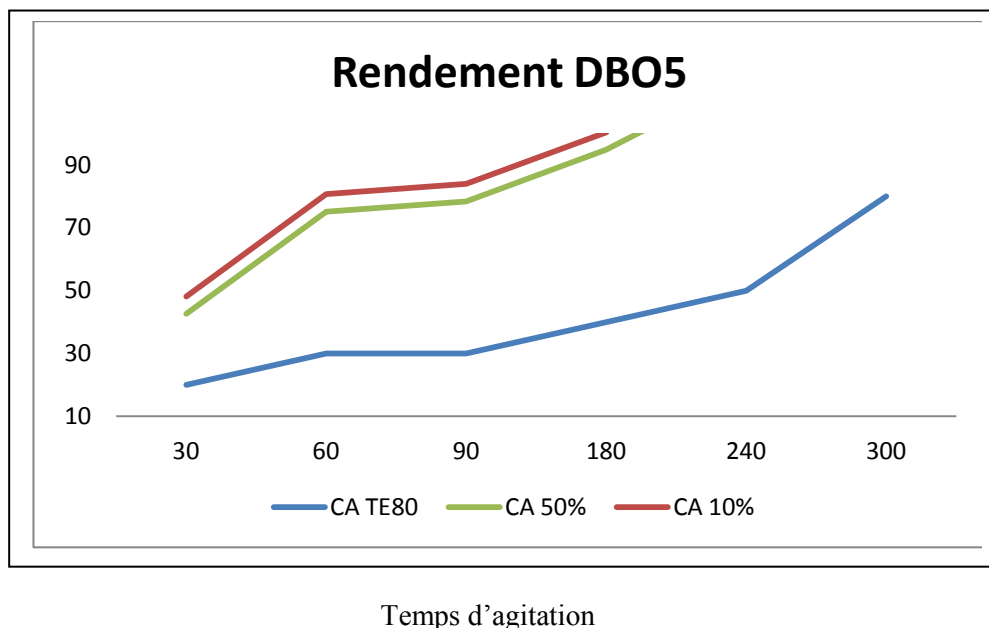


Figure.23.: Evolution du rendement de DBO5 en fonction du temps

# **CONCLUSION GÉNÉRALE**

L'utilisation des eaux usées en agriculture est une pratique vieille de plusieurs siècles. Conséquence d'une urbanisation rapide et de l'augmentation des volumes rejetés, l'utilisation des eaux usées à grande échelle en irrigation, s'est présentée comme une alternative pour contourner la problématique de l'eau.

Étant donné que plus de 70% de l'eau douce dans le monde est utilisée par l'agriculture et les autres 30% partagés pour les besoins de consommation humaine, commerciale et industrielle, les autorités locales dans le monde, reconnaissent le grand potentiel de la réutilisation des eaux usées en agriculture, en particulier dans les zones de pénurie [1].

A l'heure actuelle, seules 2 % des eaux épurées dans le monde sont réutilisées. Cependant, 2,6 milliards d'habitants de la planète ne disposent même pas d'un assainissement de base, c'est-à-dire de la simple évacuation des eaux usées. La réutilisation reste donc, pour l'instant, un recours réservé aux pays riches [1].

La question des coûts supplémentaires qu'entraîneraient par exemple l'aménagement des stations d'épuration, la mise en place d'un réseau de distribution ou de réservoirs de stockage ne peut être traitée de façon générale, chaque cas devant faire l'objet d'une étude particulière prenant en compte les contraintes locales : distance entre le site de production et les consommateurs, nécessité de doubler ou d'aménager le réseau notamment.

Le traitement des eaux usées domestiques doit envisager deux objectifs essentiels : la protection de la santé publique et celle des écosystèmes aquatiques.

En application dans le traitement des eaux, nous avons montré que le charbon actif issu de noyaux de dattes est un adsorbant pourrait résoudre énormément de problèmes rencontrés dans l'épuration des eaux usées, en complémentarité avec d'autres techniques comme la filtration sur sable (cas réalisé dans notre laboratoire).

Les résultats obtenus concernant la demande biologique en oxygène (DBO) ainsi de la demande chimique en oxygène (DCO) et les matières en suspension (MES) sont prometteurs et nous incitent à tester d'autres produits chimiques susceptibles de contaminer les eaux souterraines à travers les rejets domestiques et industriels.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**

## ***RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES***

- [1] : [www. Réutilisation des eaux usées - notre-planete\\_info.htm](http://www.Réutilisation des eaux usées - notre-planete_info.htm)
- [2] S. Madrau (1999), Caractérisation des adsorbants pour la purification de l'hydrogène par adsorption modulée en pression. Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de lorraine, p. 3-4.
- [3] M. Kaustubha, D. Das, M. N. BISWASOU, Adsorption of phenol from aqueous solutions using activated carbons prepared from Tectona grandis sawdust by ZnCl<sub>2</sub> activation, Chemical Engineering Journal vol 115, p. 121–131 (2005).
- [4] W. Rong-Chi, K. Chien-Chung, S. Chja-Cheng, Adsorption of phenols onto granular activated carbon in a liquid.solid fluidized bed, J. Chem. Tech. Biotechnol vol 68, p.187-194 (1997).
- [5] K. Jadwiga, Removal of phenol from aqueous solution by adsorption, Can, J, Civ. Eng vol 33, p. 546-551 (2000).
- [6] P. N. Hoa, S. Rio, C. Faur, L. Le Coq, P. Le Cloirec, T. H. Nguyen, Production of fibrous activated carbons from natural cellulose (jute, coconut) fibers for water treatment applications, carbon vol. 44, pp. 2569-2577 (2006).
- [7] A. REFFAS, (2010), Étude de l'adsorption de colorants organiques (rouge nylosan et bleu de méthylène) sur des charbons actifs préparés à partir du marc de café, Thèse de doctorat, Université Mentouri-Constantine.
- [8] V. Boonamnuayvitaya, C. Chaiya, W. Tanthapanichakoon, The preparation and characterization of activated carbon from coffee residue, J. Chem. Eng. Japan vol. 37, No. 12, p. 1504-1512 (2004).
- [9] M. Guerreiro. César, Preparation and characterization of activated carbon from coffee waste: removal of organic, Dep. Química, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal 37, CEP 37200-000 Lavras, MG, Brasil (2007).
- [10] W. L. Chou, C. T. Wang, K. Y. Huang, Y. C. Chang<sup>1</sup>, C. M. Shu, Investigation of indium ions removal from aqueous solutions using spent coffee grounds, International Journal of Physical Sciences Vol. 7, No. 16, p. 2445 – 2454 (2012).
- [11] H. Maiza (200 ), Modélisation des cinétiques d'adsorption dans le cas du phénol et du bleu de méthyle sur le charbon actif en grain, Ingénieur d'état, Ecole Nationale Supérieur Polytechnique, p. 3, 4.
- [12] S. Arris. (200 ), Etude Expérimentale De L'élimination Des olluants Organiques Et Inorganiques Par Adsorption Sur Des Sous-Produits, Thèse de doctorat, Université de Constantine, p. 30.

- [13] D. M. Nevskaja, A. Guerrero-Ruiz, Comparative study of the adsorption from aqueous solutions and the desorption of phenol and nonylphenol substrates on activated carbons, *Journal of Colloid and Interface Science* vol. 234, p.316–321 (2001).
- [14] A. Boucif (2009), Etude de la co-adsorption de deux pesticides (Diuronet Metribuzine) sur un charbon actif en poudre, Mémoire de magister, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, p. 10.
- [15] M.O. Benabderrahmane (2006), Biosorption du plomb sur une biomasse (*Pleurotus Mutilus*), Ingénieur d'état, Ecole Nationale Supérieure Polytechnique, p. 2 .
- [16] N. J. Krou. (20 0), Etude expérimentale et modélisation d'un procédé séquentiel AD-OX d'élimination de polluants organiques, Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, p.29.
- [17] E. Fernandez Ibañez (2002), Etude de la carbonisation et l'activation de précurseurs végétaux durs et mous, Thèse de Doctorat, Université de Neuchâtel, p.12-16.
- [18] H. Le Pape. (2003), Etude des propriétés germicides de fibres de carbone active « Application à la décontamination de l'air en cabine d'avion », Thèse de Doctorat, Université de Limoges France, p.200.
- [19] M. Gueye, J. Blin., C. Brunshwig, Etude de synthèse des charbons actifs à partir de biomasse locales par activation chimique avec  $H_3PO_4$ , journées scientifiques du 2iE Ouagadougou, 6<sup>ème</sup> édition, 4-8 avril (2011).
- [20] A. T. Christopher, E. M. Wayne, M. J. Mitchell, Phosphoric acid activation of nutshells for metals and organic remediation: process optimization, *J. Chem. Technol. Biotechnol* vol. 72, p. 255-263 (1998).
- [21] M. Jagtoyen, F. Derbyshire, Activated carbons from yellow poplar and white oak by  $H_3PO_4$  activation, *Carbon* Vol. 36, No. 7-8, p. 1085-1097(1998).
- [22] A. Baçaoui, A. Yaacoubi, C. Bennouna, A. Dahbi, J. Ayele, M. Mazet, Characterisation and utilization of a new activated carbon obtained from Moroccan olive wastes, *J Water SRT-Aqua* vol. 47, No. 2, p.63-75 (1998).
- [23] J.F. García-Araya, F.J. Beltrán, P. Álvarez, F.J. Masa, Activated Carbon Adsorption of Some Phenolic Compounds Present in Agroindustrial Wastewater, Kluwer Academic Publishers. Manufactured in The Netherlands, *Adsorption* vol. 9, p.107–115 (2002).
- [24] L. Robert, F. Dardel, *Adsorption* J 2730, *Traité Génie des procédés.* (1988).
- [25] Degremonts, *Memoto-Technique de l'eau*, Lavoisier et Documentation. (1989).
- [26] R. Desjardins, *Le traitement des eaux.* 2<sup>ème</sup> Edition revue et améliorée, Édition de l'Ecole Polytechnique de Montréal. (1990).

- [27] I. Langmuir, Modeling of adsorption, *Phys. Rev.* 6 (1915) 78-80.
- [28] D. Mohan, K.P. Singh, Single and multi-component adsorption of cadmium and zinc using activated carbon derived from bagasse-an agricultural waste, *Water Research.* 36 (2002)
- [29] J. Jr. Weber, Adsorption in physicochemical process for water quality control, Ed. By Metcalf R L. et Pitts J N, Wiley interscience, N Y. Chap. 5 (1972) 199-259.
- [30] Braz, J. *Chem. Eng.* vol.26 no.2 São Paulo Apr.2009.
- [31] H. Freundlich, An adsorption in solution. *Z. Physik. Chem.* 57 (1906) 385-471.
- [32] : Anonyme : Quand les toxiques se jettent à l'eau. Guide technique (2002) 1-13.
- [33] C. E. Chittour, Physicochimie des surface : L'adsorption gaz-solide et liquide-solide, (2008) 415-17
- [34] S,Besbes, B,Hentati, C,Blecker, C,Deroanne, H,Attia, (2005), *Microbiol,Hyg,Alim* (17) (50) 3-11.
- [35] F,Hussein, S,Mustafa, A,Al-zeid, (1976), Studies on physical and chemical characteristics of eighteen date cultivars grown in Saudi Arabia, *Indian J, Hort*, 33,107- 113.
- [36] A, Rhouma, (1998), La recherche scientifique agricole au service du palmier dattier, *Revue de l'Agriculture d'Oasis des Pays Méditerranéens* (28), 85-104.
- [37] S, Devshony, A,Eteshola, A, Shani, (1992), Characterisation and some potential application of date palm (*Phoenix dactilifera* L) seeds and seeds oil, *J,Am,Oil Chem, Soc* (69) 595-597.
- [38] A, Aldhaheri, G, Alhadrami, N, Aboalnaga, I, Wasfi, M, Elridi, (2004), Chemical composition of date pits and reproductive hormonal status of rats fed date pits, *Food Chem* (86), 93-97.
- [39] M, L, Sekirifa, M,Hadj-Mahammad, (2005), Étude comparative de la capacité adsorbante d'un charbon actif issu de noyaux de dattes et un charbon actif commercial, *Revue Sciences & technologie (B)*, N°23, Université de Constantine.
- [40] H,A, Almana, R,M, Mahmoud, (1994), Palm date seed as an alternative source of dietary fibre in Saudi bread, *Ecol,Food Nut*, (32) 261-270.