

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID – TLEMCEM
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE CHIMIE

MEMOIRE
PRESENTE EN VU DE L'OBTENTION DU DIPLOME D'
INGENIEUR D'ETAT EN CHIMIE
OPTION : GENIE DES PROCÉDES

Présentée et soutenue par:

MOUMENINE Sarah

Le : 10 juillet 2011

**Elimination de polluants des eaux
d'usines par adsorption sur charbon de
chêne en combinaison avec un
désinfectant.**

Jury :

| | |
|--|--------------------------------|
| PRESIDENT DU JURY: Mr. M.A. DIB | Maître de conférences à l'UABB |
| EXAMINATRICE : Mme L.BEDJAOUI | Maître de conférences à l'UABB |
| Examineur : Mr. A.BENDAOUDI | Maître assistant à l'UABB |
| ENCADREUR : Mr. Z.ARRAR | Maître de conférences à l'UABB |

REMERCEMENTS

Que Monsieur Z. ARRAR, chef département de l'institut de chimie à l'Université de Tlemcen Et directeur de mon mémoire accepte l'expression de ma respectueuse reconnaissance d'avoir accepté de diriger ce travail. Qu'il soit assuré de mon entière gratitude pour son aide précieuse et sa disponibilité et qu'il trouve ici mon estime ainsi que mon profond respect.

Je suis très sensible à l'honneur que me fait Monsieur M.A.DIB Maître de conférence à l'Université de Tlemcen, en acceptant de présider le jury.

Je tiens à témoigner ici ma respectueuse reconnaissance à Madame L. BEDJAOUI et Monsieur A.BENDAOUDI pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail en acceptant de l'examiner.

Merci du fond du cœur à tous ceux qui m'ont aidé à accomplir mon humble travail ainsi qu'à mes amies de la promotion 2011.

Comment trouver les bons mots pour remercier dignement ceux sans qui je ne serais pas là aujourd'hui, ceux au près de qui j'ai grandi, ceux qui ont vécu chaque étape déterminante de ma vie et qui ont bien souvent caché leur angoisse pour m'encourager. C'est donc accompagné d'un vent de tendresse et d'affection que j'adresse milles mercis à mon papa et ma maman. Merci à vous de m'avoir laissé la liberté de choisir, d'avoir toujours répondu présent quand j'avais besoin de quoique ce soit et surtout de vous être si bien occupés de nous 4. Mes remerciements les plus chaleureux se dirigent à présent vers mes frères et ma sœur, toujours là pour redonner un grand bol d'air frais et de motivation fraternelle : Sami, Ramzi et Chahinez. Un gros bisou à ma petite puce Dina, sans oublier mes grands parents que Dieu les protèges.

En fin, Merci à ceux que je n'ai pu nommer

Sommaire

| | |
|----------------------------|---|
| INTRODUCTION GENERALE..... | 1 |
|----------------------------|---|

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

Les colorants synthétiques

| | |
|--|---|
| I. GENERALITES..... | 2 |
| II. CLASSIFICATION DES COLORANTS..... | 3 |
| II.1. Classification chimique..... | 3 |
| II.2.2 Classification tinctoriale..... | 4 |
| III. TOXICITE ET IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT | 5 |
| III.1. Toxicité..... | 5 |
| III.2. Danger environnemental..... | 6 |
| IV. INTRODUCTION AUX TECHNIQUES DE TRAITEMENT D'EAU..... | 7 |
| IV.1. Les traitements physiques..... | 7 |
| IV.2. Les traitements thermiques..... | 7 |
| IV.3. Les traitements biologiques..... | 8 |
| IV.4. Les traitements chimiques..... | 8 |
| V. CONCLUSION..... | 8 |

CHAPITRE II

GENERALITES SUR LE PHENOMENE D'ADSORPTION

| | |
|--|----|
| I. THEORIE D'ADSORPTION..... | 10 |
| I. 1. DEFINITION | 10 |
| I. 1.1. ADSORPTION PHYSIQUE (PHYSISORPTION)..... | 10 |
| I.1.2. Adsorption chimique (chimiesorption)..... | 10 |
| II. MECANISME D'ADSORPTION..... | 10 |
| III. PARAMETRES AFFECTANT L'ADSORPTION..... | 11 |
| III.1. Caractéristiques de la molécule..... | 11 |
| III.2. Structure de l'adsorbant..... | 11 |
| IV. ISOTHERMES D'ADSORPTION..... | 12 |
| IV.1. Capacité d'adsorption..... | 12 |
| IV.2. Concept d'isotherme d'adsorption..... | 12 |
| IV.3. Modèles d'isothermes..... | 12 |
| IV.3.a. Isotherme de Langmuir | 12 |
| IV.3.b. Isotherme de Freundlich..... | 14 |
| V. CINETIQUE D'ADSORPTION..... | 16 |
| VI. TYPES D'ADSORBANTS..... | 16 |

CHAPITRE III LE CHARBON ACTIF

| | |
|--|----|
| I. LE CHARBON ACTIF..... | 18 |
| II. PROCEDE DE FABRICATION DU CHARBON ACTIF..... | 18 |
| II. 1. Carbonisation | 18 |
| II. 2. Activation..... | 18 |
| III. PROPRIETES DU CHARBON ACTIF..... | 18 |
| III.1. propriétés texturales | 18 |
| III.2. propriétés chimiques..... | 19 |
| IV. APPLICATIONS | 19 |
| IV.1. adsorbant..... | 19 |
| IV.2. support catalytique..... | 20 |
| IV.3.catalyseur..... | 20 |
| V. REGENERATION DU CHARBON ACTIF..... | 20 |
| VI. CONCLUSION..... | 20 |

PARTIE EXPERIMENTALE

| | |
|---|----|
| I. MATERIEL UTILISE..... | 21 |
| II. PRODUITS UTILISES..... | 21 |
| II.1. Préparation du charbon de chêne..... | 21 |
| II.2. Préparation de la solution d'acide acétique..... | 21 |
| II.3.Préparation de la solution étalon de l'NaOH..... | 22 |
| III. PREMIERE PARTIE : ADSORPTION DE L'ACIDE ACETIQUE PAR DIFFERENTS TYPES DE CHARBON..... | 22 |
| III.2.Adsorption de l'acide acétique sur les différents charbons..... | 22 |
| III.3. Expression des résultats..... | 25 |
| IV. DEUXIEME PARTIE : ADSORPTION DES COLORANTS SUR DIFFERENTS TYPES DE CHARBON..... | 38 |
| IV.1. préparation des solutions colorées..... | 38 |
| IV.2.courbes: $T = f(C)$ | 38 |
| IV.3.adsorption des colorants sur les différents charbons..... | 40 |
| V. TROISIEME PARTIE : ADSORPTION DE L'EAU D'USINE SUR LE CHARBON DE CHÊNE..... | 41 |
| CONCLUSION GENERALE..... | 43 |
| REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES..... | 44 |
| ANNEXE..... | 46 |

INTRODUCTION

L'eau représente le constituant majeur de la matière vivante. Chez la plupart des êtres vivants, la teneur en eau est de l'ordre de 70% voire davantage. L'eau est un élément vital dont l'importance au niveau planétaire est sans cesse rappelée. Sa pollution par les activités industrielles et agricoles constitue un sujet de préoccupation majeur de nos sociétés développées, de ce fait, un vaste sujet d'études pour réduire cette pollution à la source si possible ou dans les effluents si nécessaire avec des traitements curatifs appropriés. Le génie des procédés, très concerné par la réduction des effets de l'industrie sur l'environnement, s'est depuis longtemps saisi de cette problématique, à la fois au niveau amont en concevant des procédés intrinsèquement propres, et en aval, en mettant en œuvre des procédés de traitement d'effluents adaptés aux divers effluents industriels.

Parmi les industries consommatrices d'eau en grande quantité, on en trouve en tête de liste, l'industrie du textile qui constitue une grande source de pollution des eaux. Les eaux rejetées par les usines de textiles sont fortement concentrées en colorants parfois non dégradables ou peu dégradables, ce qui rend les traitements biologiques difficilement applicables. Donc il est nécessaire de trouver des techniques d'efficacité importante et avec un coût pas très élevé.

Le charbon actif grâce à son grand pouvoir adsorbant est un moyen très efficace en ce qui concerne le traitement des eaux colorées, le seul problème est son coût de production. Le travail que j'ai effectué a pour but de trouver un autre adsorbant dont le coût sera moins cher que le charbon actif. En me basant sur des études faites par d'autres étudiants les années précédentes j'ai choisi le charbon de chêne.

Notre travail est constitué de trois parties:

Dans la première partie on va comparer l'adsorption du charbon actif avec celle du charbon de chêne à différents diamètres de particules.

Dans la deuxième, on va traiter deux eaux colorées de concentrations connues avec le charbon de chêne.

Et dans la dernière partie on va faire l'application sur l'eau coloré provenant de l'usine de la SOITEX. Ensuite on va essayer d'ajouter une substance au charbon de chêne pour pouvoir éliminer les bactéries en même temps que la décoloration.

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I
LES COLORANTS SYNTHETIQUES

I. GENERALITES:

Depuis la découverte des premiers colorants en 1856, l'industrie des colorants synthétiques aujourd'hui compte plus de 10.000 colorants. Il a été donc nécessaire d'avoir un système de classification. Celui-ci constitue l'index des couleurs. Dans ce système, chaque colorant commercialement disponible est classé selon son nom. Ses caractéristiques essentielles telles que formule chimique, couleur et nuance, résistance à la lumière, aux solvants, à la chaleur et à différents agents chimiques y sont décrites ainsi que ses principaux domaines d'utilisation.

Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (de 380 à 750 nm). La transformation de la lumière blanche en lumière colorée par réflexion sur un corps, ou par transmission ou diffusion, résulte de l'absorption sélective d'énergie par certains groupes d'atomes appelés chromophore.

Les chromophores sont des groupes non saturés présentant des électrons et ou des doublets libres d'électrons, situés sur des hétéroatomes comme l'oxygène ou l'azote. Les molécules de colorants possèdent aussi, souvent, des groupes dits auxochromes qui peuvent intensifier ou changer la couleur due au chromophore. Le changement de coloration est produit par les doublets libres de l'auxochrome .

De manière générale, un colorant est un assemblage de groupes chromophores, de groupes auxochromes et de noyaux aromatiques (cycles benzéniques, anthracène). Lorsqu'un groupe auxochrome donneur d'électrons (amino, hydroxy, alkoxy...) est placé sur un système aromatique conjugué. La molécule absorbe alors dans les grandes longueurs d'onde et donne des couleurs plus foncées [1].

Les principaux groupes chromophores et auxochromes sont classés par intensité de couleur décroissante dans le tableau suivant :

| Groupes chromophores | Groupes auxochromes |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| Azo (-N=N-) | Amine primaire (-NH ₂) |
| Nitroso (-N=O) | Amine secondaire (-NHR) |
| Carbonyle (>C=O) | Amine tertiaire (-NR ₂) |
| Vinyl (-CH=CH-) | Hydroxy (-OH) |
| Nitro (-NO ₂) | Alkoxy (-OR) |
| Thiocarbonyle (>C=S) | Donneurs d'électrons (-Cl) |

Tableau I.3: Principaux groupes chromophores et auxochromes

II. CLASSIFICATION DES COLORANTS

Les principes de classification les plus couramment rencontrés dans les industries sont basés sur les structures chimiques des colorants synthétiques et sur les méthodes d'application aux différents substrats (textiles, papier, cuir, matières plastiques, etc.).

II.1. Classification chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupe chromophore (Tableau I.3).

a) Colorants azoïques

Les colorants azoïques sont caractérisés par le groupement chromophore $N=N$. Suivant le nombre de chromophores rencontrés dans la molécule, on distingue les monoazoïques, diazoïques et polyazoïques. Les colorants azoïques comptent plus que 1000 produits et représentent 50% de la production mondiale de colorants [2].

b) Colorants anthraquinoniques

Ils représentent, après les colorants azoïques, le plus important groupe de matière colorante. Malgré leurs méthodes complexes de fabrication, les colorants anthraquinoniques trouvent une grande variété d'applications notamment lorsque leur stabilité de coloration est supérieure à celle des colorants azoïques. Ils constituent en effet la classe des colorants présentant la plupart du temps les meilleures stabilités à la lumière et aux agents chimiques.

c) Colorants de triphénylméthane:

Les colorants triphénylméthanes constituent la plus ancienne classe de colorants synthétiques. Actuellement bien moins importants que les colorants azoïques et anthraquinoniques, ils ont néanmoins conservé une certaine valeur commerciale, car ils permettent de couvrir la totalité de la gamme de nuances et leur coloration est intense.

d) Colorants indigoïdes

Tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent. Ainsi, les homologues sélénié, soufré et oxygéné du bleu indigo provoquent d'importants effets hypsochromes avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise.

e) Colorants phtalocyanines

Les colorants de ce groupe sont obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, Pt, etc.). Parmi les phtalocyanines,

le colorant le plus utilisé, parce que le plus stable, est la phtalocyanine de cuivre. Les applications les plus importantes concernent le domaine des pigments.

f) Colorants au soufre

Les colorants au soufre sont des composés macromoléculaires de structure incertaine. Le plus important est le noir 1 qui est obtenu par chauffage du 2,4-dinitrophénol avec une solution aqueuse de polysulfure de sodium. Une forme réduite soluble du sulfure de sodium peut alors imprégner la fibre. La forme insoluble est ensuite régénérée par un courant d'air.

II.2. Classification tinctoriale:

La classification tinctoriale des colorants repose sur la nature du groupe auxochrome (Tableau I.3), qui détermine le type de la liaison colorant- substrat.

a) Colorants acides ou anioniques:

Solubles dans l'eau grâce à leurs groupes sulfonates ou carboxylates, ils sont ainsi dénommés parce qu'ils permettent de teindre les fibres animales (laine et soie) et quelques fibres acryliques modifiées (nylon, polyamide) en bain légèrement acide. Ils appartiennent aux deux plus grandes classes de colorants: azoïques et anthraquinoniques.

b) Colorants basiques ou cationiques

Sont des sels de composés organiques présentant des groupes amino ou imino, ce qui leur confère une bonne solubilité dans l'eau. Les liaisons se font entre les sites cationiques des colorants et les sites anioniques des fibres. En passe de disparaître dans la teinture de la laine et de la soie, ces colorants ont bénéficié d'un regain d'intérêt avec l'apparition des fibres acryliques, sur lesquelles ils permettent des nuances très vives et résistantes.

c) Colorants de cuve:

Sont insolubles et doivent être transformés en leucodérivés par réduction alcaline. La teinture se termine par la ré-oxydation du colorant sous sa forme insoluble initiale. Réputés pour leur bonne résistance aux agents de dégradation, les colorants de cuve sont encore utilisés, à l'image de l'indigo pour la teinture des articles jean ou denim.

d) Colorants à complexe métallique

Les colorants à complexe métallique appartenant à la classe des colorants azoïques et anthraquinoniques, ce sont des composés organiques qui présentent des groupes suffisamment voisins pour former des complexes par chélation avec des sels

de chrome, de cobalt, de calcium, d'étain, d'aluminium ou de fer . Ces sels sont appelés mordant. Un mordant est donc un sel métallique ou un acide avec lequel est traitée, avant la teinture, la fibre à teindre.

e) Colorants réactifs

Contiennent des groupes chromophores issus essentiellement des familles azoïques, anthraquinoniques et phtalocyanine. Solubles dans l'eau, ils entrent de plus en plus fréquemment dans la teinture du coton et éventuellement dans celle de la laine et des polyamides.

f) Colorants développés ou azoïques insolubles

Sont formés directement sur la fibre. Au cours d'une première étape, le support textile est imprégné d'une solution de naphthol. Les précurseurs de la molécule suffisamment petits pour diffuser dans les pores et les fibres sont ensuite traités avec une solution de sel de diazonium qui, par réaction de copulation entraîne le développement immédiat du colorant azoïque.

III. TOXICITE ET IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT:

Les colorants synthétiques représentent aujourd'hui un groupe relativement large de composés chimiques organiques rencontrés dans pratiquement toutes les sphères de notre vie quotidienne.

La production mondiale est estimée à 700.000 tonnes / an, dont 140.000 sont rejetées dans les effluents au cours des différentes étapes d'application et de confection [3,4]. Ces rejets, composés de composés biocides, suspensions solides, agents de dispersion et de mouillage, colorants et traces de métaux, sont toxiques pour la majorité des organismes vivants. L'hétérogénéité de leur composition rend difficile voire quasiment impossible l'obtention de seuils de pollution inférieurs ou égaux à ceux imposés par les normes environnementales, après traitement par les techniques traditionnelles.

III.1. Toxicité:

Les effets cancérigènes des composés azoïques s'expriment indirectement par leurs dérivés amines [5]. La liaison azo est la portion la plus labile de ces molécules et peut facilement se rompre sous l'action enzymatique des organismes mammifères incluant l'homme, pour se transformer en composé aminocancérogène [3, 5, 6].

Il a été ainsi établi que la dégradation du colorant « Bleu direct 14 », qui est un colorant azoïque, par une bactérie de la peau humaine était cancérogène [7] et que 13 colorants dérivés du diazobenzène possèdent une activité antifongique [8]. Une étude effectuée sur les différents colorants, démontre que les colorants synthétiques organiques les plus toxiques sont les colorants diazoïques et cationiques [3].

L'augmentation du nombre de cancers de la vessie observés chez des ouvriers de l'industrie textile, est reliée à leur exposition prolongée aux colorants azoïques. Depuis, les travaux effectués sur ces colorants ont démontré que ces composés chimiques présentaient des effets cancérigènes pour l'homme et l'animal [5, 9,10].

III.2. Danger environnemental:

Sous l'action des microorganismes, les colorants libèrent des nitrates et des phosphates dans le milieu naturel. Ces ions minéraux introduits en quantité trop importante peuvent devenir toxiques et altérer la production d'eau potable. Leur consommation par les plantes aquatiques accélère leur prolifération anarchique et conduit à l'appauvrissement en oxygène par inhibition de la photosynthèse dans les strates les plus profondes des cours d'eau. L'accumulation des matières colorantes dans les cours d'eau induit l'apparition de colorations anormales. [11] on a évalué qu'une coloration pouvait être perçue par l'œil humain à partir de 5 g/L. En dehors de l'aspect inesthétique, les agents colorants ont la capacité d'interférer avec la transmission de la lumière dans l'eau, bloquant ainsi la photosynthèse des plantes aquatiques et provoquant indirectement un préjudice pour la pisciculture [12].

De ce fait, plusieurs recherches ont été consacrées à l'étude du problème des effets des colorants déversés dans le milieu naturel.

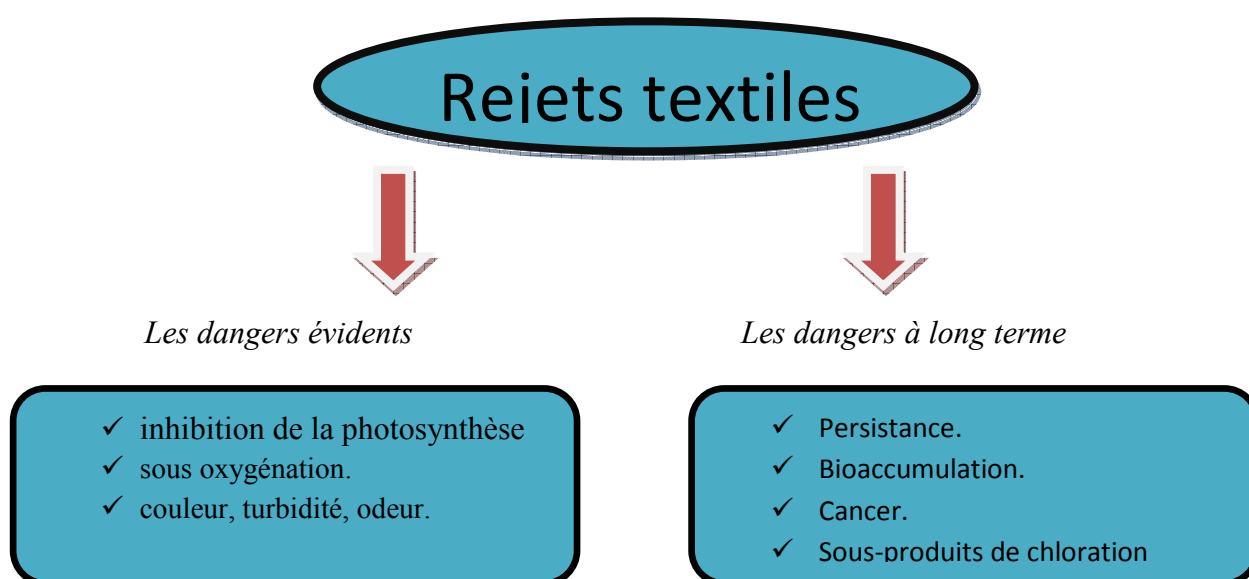


Figure 1.5 : Les dangers des rejets textiles.

IV.INTRODUCTION AUX TECHNIQUES DE TRAITEMENT D'EAU

Le traitement des effluents chargés en colorants s'avère donc indispensable pour la sauvegarde de l'environnement. Le terme << traitement d'eau >> englobe tout à la

fois l'épuration des eaux de rejets et la purification de l'eau pour la rendre propre à la consommation humaine. C'est un domaine d'importance croissante depuis de nombreuses années puisque l'eau potable est une ressource vitale et fragile.

Un procédé de traitement est choisi en fonction de la nature et de l'origine de la pollution visée, autrement dit des propriétés physico-chimiques des polluants contenus dans l'effluent traité et de leur concentration. En effet, un procédé efficace contre une pollution donnée peut s'avérer inadapté contre une autre pollution.

Il existe donc plusieurs procédés différents pouvant être classés en quatre catégories : traitements physiques, thermiques, biologiques et chimiques. Le plus souvent, un même rejet est soumis à plusieurs de ces traitements en série.

IV.1. Les traitements physiques:

Les traitements physiques utilisent des techniques séparatives pour séparer les polluants de l'eau à traiter. Ils sont efficaces pour éliminer les solides en suspension, les liquides non miscibles et les polluants organiques dissous. Nous pouvons citer comme exemple la décantation, la sédimentation, la floculation, la filtration (sur sable ou sur membranes), la flottation, l'extraction, et l'adsorption.

Ces traitements présentent l'avantage d'être basés sur des principes simples et sont donc facilement applicables. Leur inconvénient majeur réside dans le fait qu'il s'agit d'un simple déplacement de la pollution d'un milieu à un autre. Cependant il peut être pallié par un couplage avec un processus de destruction du polluant récupéré.

IV.2. Les traitements thermiques:

Les traitements thermiques utilisent de hautes températures pour décomposer les molécules organiques en dioxyde de carbone, eau et halogènes. Le procédé thermique le plus employé industriellement est l'incinération.

Ces procédés génèrent de fortes dépenses énergétiques et devraient donc être limités au traitement d'effluents fortement concentrés en matière organique dont la combustion compense au mieux l'énergie de vaporisation de l'eau.

Par ailleurs, ils peuvent nécessiter la mise en place d'un dispositif de traitement des fumées émises.

IV.3. Les traitements biologiques:

Les traitements biologiques réalisent la dégradation de contaminants par des microorganismes. Leur faible coût opératoire lié à leur faible consommation énergétique est un grand avantage. De plus ils peuvent détruire la plupart des composés carbonés présents sous forme soluble tels que les sucres, graisses, protéines,

etc., pour lesquels les procédés physico-chimiques sont souvent peu efficaces, coûteux ou difficiles à mettre en œuvre. Ce sont actuellement les procédés de traitement d'effluents les plus répandus dans l'industrie.

Néanmoins, les procédés biologiques ne peuvent pas être utilisés sur certains polluants au-delà d'une concentration seuil, sous peine d'une inhibition de l'activité microbienne voire d'une destruction des microorganismes pour les composés les plus toxiques. Par exemple, les composés phénols peuvent inhiber la croissance des microorganismes présents dans les boues activées dès 400 mg/l.

IV.4. Les traitements chimiques:

L'oxydation chimique est une voie de traitement utilisée lorsque les concentrations de polluants sont assez faibles et que la quantité d'oxydant requise n'est donc pas très importante. Ces procédés présentent certains inconvénients qui freinent leur emploi dans l'industrie, comme un coût élevé, mais aussi, pour certains, une minéralisation assez faible due aux réactions secondaires qui consomment l'oxydant. Cependant, une oxydation partielle peut être suffisante comme traitement préalable au traitement biologique : l'oxydation partielle des polluants produit des molécules pouvant être biodégradables. Par ailleurs, la combinaison de ces procédés avec l'irradiation UV ou des catalyseurs peut en améliorer l'efficacité. Les oxydants les plus fréquemment utilisés sont l'ozone, le permanganate, le chlore et ses dérivés, le ferrate, le peroxyde d'hydrogène (oxydations avancées), l'oxygène de l'air (oxydation en voie humide)...

IV. 5. Les procédés hybrides:

Un traitement unique peut difficilement suffire à dépolluer un effluent généralement constitué d'un mélange de polluants d'origines diverses. Aussi, l'hybridation de procédés existants permet de bénéficier de leurs avantages respectifs, tout en réduisant leurs inconvénients.

V. CONCLUSION:

Comme mentionné plus haut le choix d'un traitement dépend principalement de la concentration et du débit de matière organique, mais aussi de la nature des produits organiques polluants pour les eaux industrielles.

Les chercheurs ont donc proposé différents schémas de traitements en fonction de la composition des effluents et de l'utilisation finale des eaux traitées.

Parmi les matériaux employés dans le cadre du traitement des eaux, le charbon actif occupe une place de choix, en raison de sa grande capacité d'adsorption pour de nombreux composés chimiques, mais son coût de production est élevé.

CHAPITRE II
GENERALITES SUR LES
PHENOMENES D'ADSORPTION.

I. THEORIE D'ADSORPTION

I.1. Définition

L'adsorption est un procédé de traitement, pour éliminer une très grande diversité de composés toxiques dans notre environnement. Elle est essentiellement utilisée pour le traitement de l'eau et de l'air. Au cours de ce processus les molécules d'un fluide (gaz ou liquide), appelé adsorbat, viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant. Ce procédé définit la propriété de certains matériaux de fixer à leur surface des molécules (gaz, ions métalliques, molécules organiques, etc.) d'une manière plus ou moins réversible. Au cours de ce processus, il y aura donc un transfert de matière de la phase aqueuse ou gazeuse vers la surface solide [13, 14].

La nature des liaisons formées ainsi que la quantité d'énergie dégagée lors de la rétention d'une molécule à la surface d'un solide permettent de distinguer deux types d'adsorption : adsorption physique et adsorption chimique [15, 16].

I.1.1. Adsorption physique

Ce type d'adsorption résulte de l'établissement d'un échange de forces de faible énergie entre la surface d'un solide et des molécules à proximité de cette surface. Dans ce cas, la rétention est le résultat des liaisons de nature électrostatique de type Van Der Waals [13].

Du point de vue énergétique, la physisorption se produit aux basses températures avec des énergies de l'ordre de 10 Kcal.mol⁻¹ au maximum. Elle correspond à un processus réversible (équilibre dynamique d'adsorption et de désorption) et ne conduit pas à une modification de l'identité chimique de la molécule adsorbée.

Dans le cas d'une telle adsorption, le temps de rétention de la substance adsorbée est court et la surface adsorbante peut être recouverte de multiples couches moléculaires de produit adsorbé [17].

I.1.2. Adsorption chimique

Dans ce cas, l'adsorption est due à la formation d'une liaison chimique, covalente plus permanente, entre l'adsorbat et la surface de l'adsorbant. Par rapport au premier, l'adsorption chimique se distingue par des énergies d'adsorption plus élevées (2 à 100 Kcal mol⁻¹ contre quelques Kcal mol⁻¹) et par une fixation irréversible de l'adsorbat sur des sites d'adsorption très spécifiques. Elle est aussi favorisée à température élevée [18].

Dans ce type d'adsorption, le temps de rétention est long et seule la première couche liée à la surface adsorbante est chimiquement adsorbée, les autres couches, dans le cas où elles existent, sont retenues par physisorption.

II. MECANISMES D'ADSORPTION:

Pour mieux qualifier et quantifier la rétention, il convient de s'intéresser aux phénomènes se produisant à l'échelle moléculaire, c'est-à-dire aux mécanismes d'adsorption.

Les liaisons (composés-adsorbant) sont de deux types :

- ✓ Liaisons de fortes énergies (>80 kJ. mol⁻¹) : liaisons ioniques et échanges de ligands ;

- ✓ Liaisons de faibles énergies ($< 80 \text{ kJ. mol}^{-1}$) : interactions dipôle-dipôle, liaisons hydrogène, interactions hydrophobes.

Sur la base de ces liaisons, quatre mécanismes principaux peuvent être distingués [19] :

- ✓ *Adsorption par liaison ionique ou échange d'ions*
- ✓ *Adsorption par liaison hydrogène*
- ✓ *Adsorption par les forces de Van der Waals*
- ✓ *Rétention hydrophobe.*

III. PARAMETRES AFFECTANTS L'ADSORPTION:

Un grand nombre de paramètres et de propriétés, du support et du substrat, peuvent influencer le processus d'adsorption et notamment la capacité et la cinétique de rétention d'une substance sur un support [23]. Il s'agit des paramètres suivants :

III.1. Caractéristiques de la molécule:

a) Taille des molécules adsorbés : D'un point de vue purement mécanique, il faut que la taille de la molécule soit inférieure au diamètre du pore d'adsorbant pour que celle-ci puisse diffuser rapidement dans le volume poreux et atteindre le site d'adsorption.

b) Solubilité : plusieurs chercheurs ont montré que les constantes d'adsorption ont tendance à être plus importants quand la solubilité du composé diminue. D'autres chercheurs, présentent un certain nombre de relations entre la constante d'adsorption et diverses propriétés de la molécule organique.

c) pKa : un certain nombre de produits organiques sont caractérisés par des propriétés d'acides faibles ou de bases faibles. Le pH conditionne donc la forme sous laquelle se trouve la molécule (ionisée ou neutre). Ainsi, ce ne sont pas les mêmes éléments de la matrice qui interviendront dans le mécanisme d'adsorption. La majorité des études, montrent que la rétention est maximale lorsque le pH est égal au pKa [25, 21, 22].

d) Polarité et polarisabilité de la molécule adsorbée : l'adsorption va être fortement influencée par les dimensions du composé à piéger (surface, volume), mais aussi par les groupements fonctionnels de la molécule (alcools, aldéhydes, cétones, acides carboxyliques, amines, soufre, halogène...) induisant des effets de polarisabilité plus ou moins marqués.

III.2. Structure de l'adsorbant:

Elle joue un rôle déterminant dans la fixation du substrat, par la taille de ses particules. En effet plus la taille est petite, plus la surface de contact sera grande. Ce qui va alors augmenter son pouvoir de rétention. En outre, cette surface s'accroît lorsque le support est poreux.

Les adsorbants industriels (essentiellement les charbons actifs) développent des surfaces spécifiques énormes (600 à environ 1200 $\text{m}^2.\text{g}^{-1}$) [27]. .

D'autres facteurs, comme la température qui définit la nature de l'adsorption, peuvent également influencer la capacité d'adsorption [28].

IV. ISOTHERMES D'ADSORPTION:

IV.1. Capacité d'adsorption:

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

Elle peut être généralement exprimée par la relation suivante [29] :

$$Q = \frac{(C_0 - C_t) \cdot V}{m} \quad (A-1)$$

Sachant que :

Q : Capacité d'adsorption du support (mg.g⁻¹).

C₀ : Concentration initiale du substrat (mg.L⁻¹) à t = 0.

C_t : Concentration du substrat (mg.L⁻¹) à l'instant t du processus d'adsorption.

V : Volume de la solution (litre).

m : Masse du support (g).

IV.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 [28]. 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.

Cependant, les isothermes d'adsorption n'expliquent pas les mécanismes d'adsorption. Ils conduisent seulement à une comparaison de différents systèmes entre eux [28].

III.3. Modèles d'isothermes:

a) Isotherme de Langmuir

La théorie de Langmuir a permis l'étude de l'adsorption de molécules de gaz sur des surfaces métalliques. Elle repose sur les hypothèses suivantes [30] :

- ✓ L'adsorption se produit sur des sites localisés d'égale énergie.
- ✓ L'adsorption se produit en monocouche.
- ✓ Il n'y a pas d'interaction latérale entre les molécules adsorbées à la surface.
- ✓ La réaction est réversible (c'est-à-dire qu'il y a équilibre entre l'adsorption et la désorption).

✓ Le nombre de sites d'adsorption sur la surface est limité.

L'isotherme de Langmuir est difficilement utilisable pour des systèmes naturels où l'adsorption en couche simple sur un seul type de site est rarement rencontrée.

L'isotherme est représentée par l'équation suivante [31]:

$$Q_e = \frac{a \cdot b \cdot C_e}{1 + b \cdot C_e} \quad (A-2)$$

Avec :

Q_e : Quantité de substance adsorbée à l'équilibre par unité de poids de l'adsorbant « capacité d'adsorption » (mg.g⁻¹) ;

C_e : Concentration du substrat en adsorbant à l'équilibre (mg.L⁻¹) ;

a : Capacité d'adsorption à la saturation (mg.g⁻¹) et qui correspond à la formation d'une monocouche (c'est aussi le nombre de sites actifs par unité de masse de la phase solide)

b : coefficient d'adsorption (L.mg⁻¹), c'est également la constante d'adsorption spécifique de l'adsorbant sur l'adsorbant. Cette constante est liée à la température et au système (adsorbant-adsorbant).

$a \cdot b = K_L$: constante d'équilibre de Langmuir (L.g⁻¹) ;

La linéarisation de l'équation (A-2) conduit à l'équation suivante [32] :

$$\frac{1}{Q_e} = \frac{1}{a \cdot b \cdot C_e} + \frac{1}{a} \quad (A-3)$$

Le schéma ci-dessous illustre l'isotherme de Langmuir (figure A.1). Les valeurs des constantes a et b peuvent être calculés par la méthode des moindres carrés ou graphiquement comme le montre la courbe (B) de cette figure.

La valeur de a peut également être déduite de la courbe expérimentale (courbe a) représentée par $Q_e = f(C_e)$, qui n'est rien d'autre que l'adsorption maximale. Cependant celle-ci est moins précise que la méthode basée sur la linéarisation (courbe b).

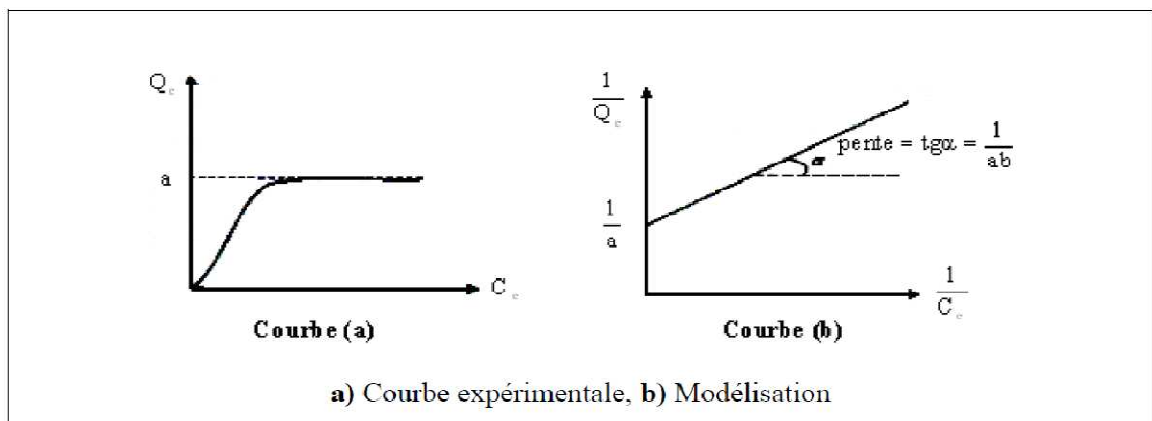


Figure A.1 : Isotherme d'adsorption : modèle de Langmuir

b) Isotherme de Freundlich

Ensuite, Freundlich a proposé un autre modèle pour décrire l'adsorption en milieu gazeux ou liquide (figure A.2). Ce modèle est représenté par une équation à deux paramètres (K_f et n) et consiste en une distribution exponentielle des énergies des sites d'adsorption à la surface du support et se caractérise par une adsorption en sites localisés. Il convient de mentionner aussi, que celui-ci s'applique dans le cas des solutions diluées. Il peut être décrit par l'équation suivante [32, 33] :

$$Q_e = K_f \cdot C_e^n \quad (A-4)$$

Q_e et C_e étant la capacité d'adsorption en mg. g⁻¹ et la concentration du substrat en adsorbat à l'équilibre (L⁻¹.mg) respectivement.

k_f et n , constantes de Freundlich, sont indicatives de l'intensité et de la capacité d'adsorption.

Les deux paramètres de Freundlich K_f et n peuvent être déterminés expérimentalement par le passage au logarithmique de l'expression (A-4) pour donner:

$$\ln Q_e = \ln k_f + n \ln C_e \quad (A-5)$$

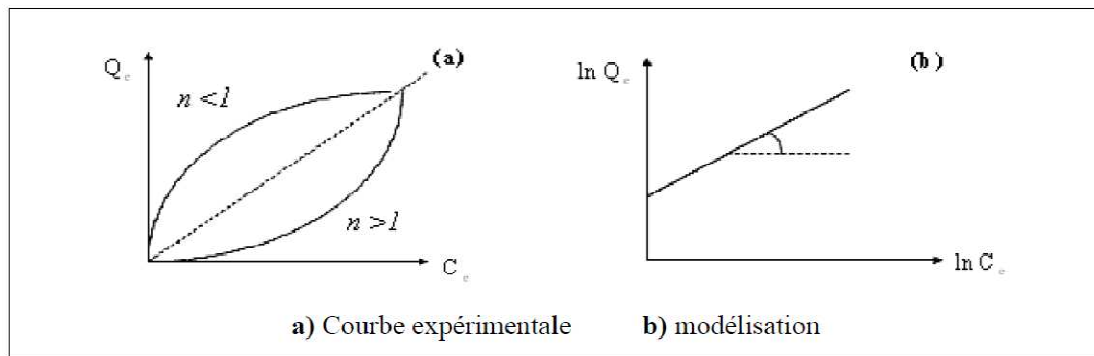
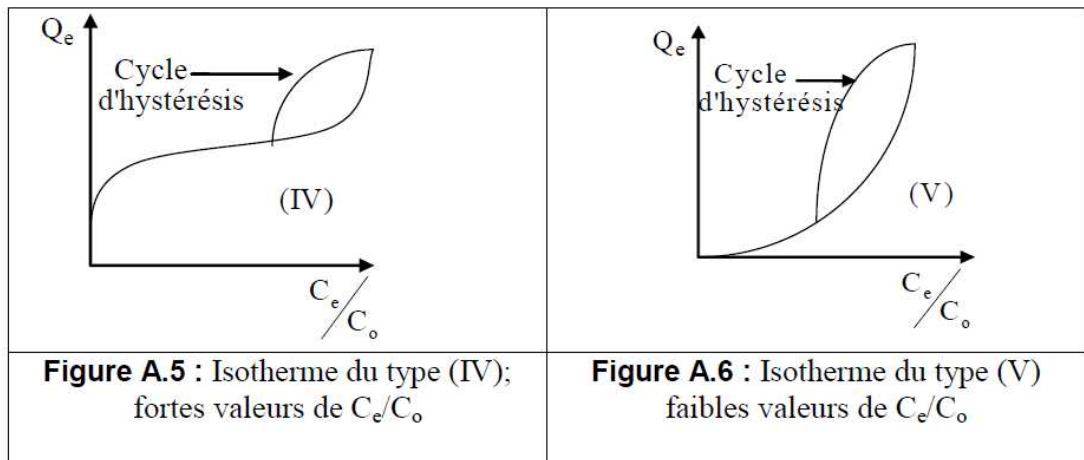
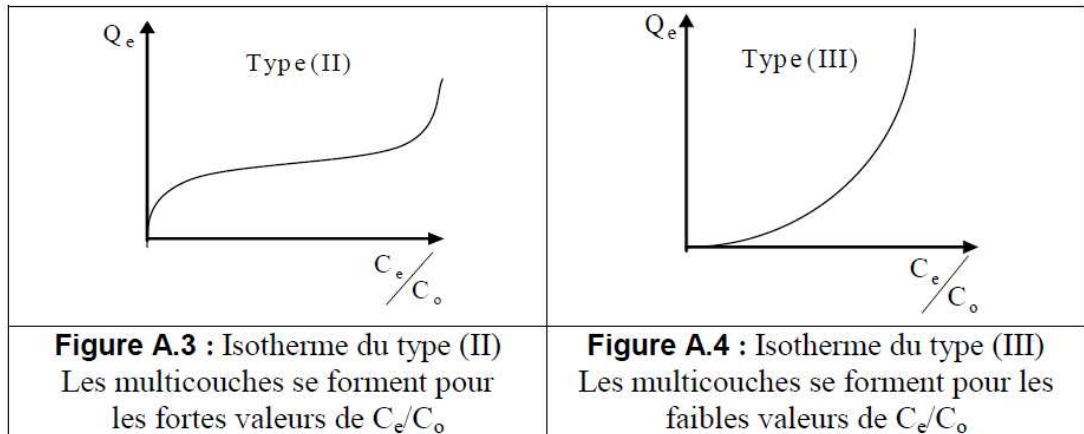


Figure A.2 : Isotherme d'adsorption : modèle de Freundlich.

D'autres types d'isotherme d'adsorption sont aussi utilisés pour décrire le processus d'adsorption notamment dans les cas complexes : formation de multicouches, influence de la porosité et du solvant [34].

✓ L'isotherme du type (II) et (III) représente la formation de multicouches pour les valeurs fortes et faibles de (C_e/C_0) respectivement (Figures A.3 et A.4).

✓ Les isothermes du type IV et V correspondent à la formation de multicouches également, pour les mêmes conditions du rapport C_e/C_0 mais en tenant compte de la porosité (Figures A.5 et A.6).



Par ailleurs, en tenant compte de la compétitivité du solvant (H₂O par exemple) lors du processus d'adsorption, d'autres isothermes ont été suggérées pour décrire ce phénomène. Il s'agit d'isothermes du type **L**, **S**, **C** et **H** (figure A.7) :

- ✓ Type L, montre l'affinité relativement élevée entre l'adsorbant et l'adsorbant,
- ✓ Type S, indique une croissance de l'adsorption avec la concentration de l'adsorbant,
- ✓ Type C, est signe d'une partition constante entre l'adsorbant et l'adsorbant. L'adsorption est proportionnelle à la concentration.
- ✓ Type H, indique une très grande affinité entre le substrat et le support.

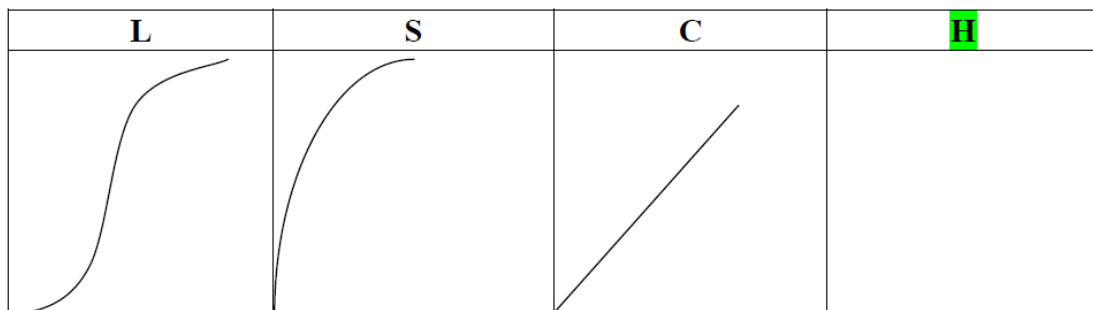


Figure A.7 : Allures des isothermes d'adsorption selon Gilles *et coll.*, 1960

IV. CINÉTIQUE D'ADSORPTION :

La connaissance des paramètres de l'équilibre d'adsorption permet de déduire les capacités d'adsorption d'un support. La détermination des paramètres cinétique doit en plus être réalisée pour la prévision de l'allure des courbes. Le transfert d'un adsorbé de la phase liquide vers un site d'adsorption, représenté par la Figure A.8, fait intervenir les étapes suivantes :

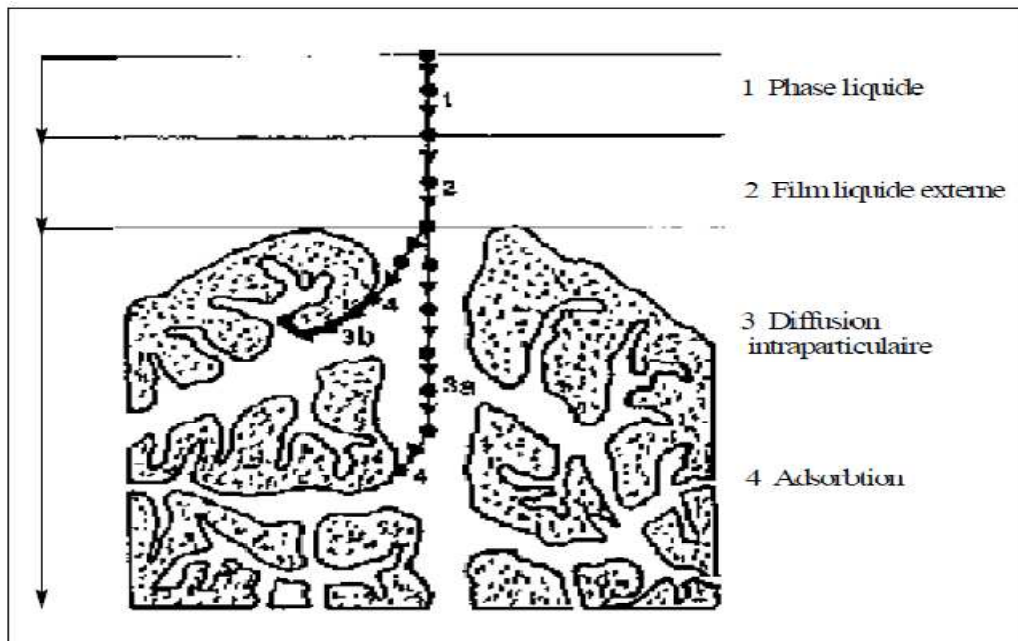


Figure A.8 : Différentes étapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption sur un matériau microporeux; d'après WEBER et SMITH.

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

V. GRANDS TYPES D'ADSORBANTS:

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

Il se fabrique environ 150 000 t.an⁻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.

Grâce à leur structure cristalline en feuillets, les argiles et les zéolithes sont de bons adsorbants naturels. Le charbon actif est un excellent adsorbant : sa capacité d'adsorption des molécules organiques et des gaz est remarquable, d'où son utilisation dans des domaines très variables.

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

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

CHAPITRE III
LE CHARBON ACTIF.

I. LE CHARBON ACTIF:

Le Charbon Actif peut être fabriqué à partir de tout matériau contenant un fort pourcentage de carbone et un faible pourcentage en matière inorganique [35].

Ces matières premières peuvent être le bois, le charbon de bois, la noix de coco, le lignite, la tourbe ainsi que des polymères synthétiques ou résidus de procédés pétroliers. Ces matières premières sont transformées en charbon actif au moyen de deux étapes : la carbonisation et l'activation [36].

II. PROCÉDES DE FABRICATION DU CHARBON ACTIF:

II.1. Carbonisation:

La carbonisation est la décomposition thermique des matières carbonées : les espèces autres que le carbone sont éliminées. Cette étape s'effectue à des températures comprises entre 600 et 800°C en présence de sels métalliques et sous un courant continu de gaz inerte (absence d'oxygène). La carbonisation est généralement effectuée à une vitesse de montée en température suffisamment grande pour minimiser le contact entre les produits carbonisés et les produits volatils. Elle fournit des matériaux ayant une structure poreuse limitée (surface spécifique d'environ 10 m².g⁻¹) et qui n'ont donc pas une forte capacité d'adsorption. La structure poreuse est ensuite étendue durant le processus d'activation.

II.2. Activation:

L'activation consiste à développer la structure poreuse en éliminant les goudrons qui obstruent les pores, et à créer des fonctions de surface (généralement oxydées) qui sont à l'origine des interactions entre le solide et les molécules adsorbées. Elle peut être physique ou chimique.

L'activation physique permet de développer les pores existants et d'en créer d'autres. Elle est réalisée entre 800°C et 1000°C en présence d'un gaz faiblement oxydant (air), de vapeur d'eau, de CO₂, ou encore d'un mélange de ces gaz.

L'activation chimique est plutôt utilisée avec le bois. Elle consiste à imprégner le matériau de départ avec une solution concentrée d'agent très oxydant et/ou déshydratant (acide phosphorique, chlorure de zinc...). Le matériau subit ensuite une pyrolyse entre 400°C et 800°C à l'abri de l'air, puis est lavé et séché. Le charbon actif est ainsi obtenu en une seule étape. C'est le degré d'imprégnation du matériau en matière oxydante qui définit la structure poreuse finale. Suite à l'activation, le charbon actif acquiert une structure poreuse poly dispersée : les pores ont différentes formes et dimensions. La répartition poreuse dépend de la nature de la matière première, mais aussi des conditions de l'activation.

III. PROPRIÉTÉS DU CHARBON ACTIF:

De par ses origines variées, ses procédés de fabrications divers, le charbon actif est connu pour être un matériau de structure et composition hétérogènes. Afin de mieux définir ses propriétés, différentes techniques analytiques ont été développées.

III.1. Propriétés texturales

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

La structure d'un charbon est donc caractérisée par son volume poreux, la taille et la forme de ses pores. C'est ce qui est à l'origine de sa surface spécifique, c'est-à-dire de la surface développée accessible aux molécules par unité de masse de charbon.

Ces propriétés sont principalement développées lors de l'étape d'activation du charbon actif.

Le charbon actif est connu pour avoir une grande surface spécifique, généralement comprise entre 800 et 2500 m²/g. Il présente également une distribution de taille de pores très variée, incluant à la fois des micropores (de diamètre $f_p < 2$ nm), des mésopores ($2 < f_p < 50$ nm) et des macropores ($f_p > 50$ nm). Ce sont ces propriétés texturales qui confèrent au charbon ses capacités d'adsorbant de multiples espèces chimiques [37]. Généralement ce sont les micropores (voire les mésopores) qui constituent les sites d'adsorption, tandis que les macropores interviennent dans le transport des molécules jusqu'à la structure interne.

III.2. Propriétés chimiques:

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

D'abord, le taux de cendres, qui représente la partie inorganique du charbon, est un paramètre important qui affecte ses performances, et qui varie énormément en fonction de la matière première employée. La proportion de cendres peut aller de 1% massique pour un charbon préparé à partir d'une matière première pure, à plus de 10% massique dans le cas d'un charbon à base de bois ou de houille. Les composés susceptibles d'être présents dans les cendres (silicates, aluminosilicates, oxydes de calcium, magnésium, fer, potassium et sodium) sont importants dans les procédés d'adsorption puisqu'ils modifient les interactions entre la surface du charbon actif et l'adsorbat. Par ailleurs cette matière minérale peut avoir un effet catalytique sur la réaction de gazéification intervenant au cours de l'activation [38]. Le taux de cendres est obtenu par mesure de la masse de résidu solide après combustion du charbon entre 600 et 800°C.

L'hydrogène et les hétéroatomes présents (O, N, S...) sont à l'origine de groupes fonctionnels (acides carboxyliques, cétones, amines...) situés aux extrémités des unités poly aromatiques constituant le charbon. Ces groupes fonctionnels déterminent les propriétés chimiques de surface du charbon actif et donc son affinité avec le solvant et les molécules en solution. La teneur en éléments C, H, N, S, O est le plus souvent mesurée par analyse des gaz émis lors de la combustion ou pyrolyse du charbon.

IV. APPLICATIONS:

Les différentes caractéristiques du charbon actif peuvent expliquer son large spectre d'applications incluant les traitements d'eau et d'air. D'abord reconnu pour son efficacité en tant qu'adsorbant de multiples molécules, il a été également utilisé dans de nombreuses applications en tant que support catalytique du fait de sa surface spécifique élevée permettant une bonne dispersion du métal, et aussi comme catalyseur direct de nombreuses réactions incluant hydrogénation, oxydation, halogénéation, hydratation, isomérisation et polymérisation.

IV.1. adsorbant :

Grâce à ses propriétés particulières (grande surface spécifique, hétérogénéité chimique et structurale), le charbon actif est capable d'adsorber toute sorte de composés organiques et inorganiques.

Cependant, l'adsorption est un phénomène qui dépend non seulement de la nature physique et chimique de l'adsorbant, mais aussi de la nature de l'adsorbat (pKa, groupes fonctionnels présents, polarité, poids moléculaire, taille) et de la solution (pH, force ionique, concentration en adsorbat) [39].

IV.2. Support catalytique:

Le charbon actif dispose de plusieurs avantages permettant de l'utiliser comme support catalytique : surface spécifique élevée, résistance à l'attrition, stabilité chimique à la fois en milieu acide et basique, stabilité thermique relativement importante, variété de formes (poudre, granules, extrudés, tissus, fibres, ...) et de propriétés physico-chimiques (distribution de taille de pores, polarité de surface ...). De plus, après réaction, le charbon actif peut être brûlé pour récupérer les métaux qui s'accumulent dans les cendres [38].

IV.3. Catalyseur:

Le charbon peut agir comme catalyseur de différentes réactions (hydrogénation, oxydation et polymérisation) du fait de ses propriétés électroniques tantôt de conducteur, semi-conducteur ou d'isolant.

V. REGENERATION DU CHARBON ACTIF:

Lorsqu'il est utilisé en tant qu'adsorbant, le CA se sature progressivement et il finit par ne plus pouvoir fixer les molécules à sa surface. Afin de valoriser au mieux ce matériau et ne pas en faire un déchet ultime, il apparaît donc important de pouvoir le régénérer de façon à ce qu'il puisse retrouver ses propriétés initiales d'adsorbant.

Il existe un certain nombre de techniques de régénération : thermique, à la vapeur d'eau, chimique (extraction par solvant, par fluide supercritique ou décomposition des adsorbats par des agents oxydants ou réducteurs), électrochimique ou encore biologique.

VI. CONCLUSION :

Comme nous venons de le voir, de par ses propriétés physico-chimiques particulières, le charbon actif peut jouer différents rôles en traitement des eaux : adsorbant, mais aussi catalyseur direct d'oxydation pour certains polluants.

PARTIE EXPERIMENTALE

I. MATERIEL UTILISE:

- ✓ Balance KERN PRS620-3
- ✓ Agitateurs : VELP scientifica heating magnetic stirrer - HEIDOLPH MR3000.
- ✓ Tamis (d=2.5 ; 1.6 ; 1.0 ; 0.5 ; 0.315).
- ✓ Colorimètre 252 M and O.
- ✓ Fioles (5000, 2000, 1000, 100, 50) ml.
- ✓ Bêchers (500, 250, 100, 50) ml.
- ✓ Eprouvettes (250, 20) ml.
- ✓ Pipettes (50, 20, 15, 10, 5) ml.

II. PRODUITS UTILISES:

- ✓ Charbon actif.
- ✓ Charbon de chêne.
- ✓ Acide acétique (RIEDEL DE HAËN 99-100% pure).
- ✓ NaOH (RIEDEL DE HAËN)
- ✓ Méthyle orange (UCB Belgium).
- ✓ Phenolphtalein (MERCK)
- ✓ Noir amido (International Enzymes Limites England).
- ✓ Sulfate de Nickel

II.1. Préparation du charbon de chêne:

Notre travail a été effectué sur deux types de charbon: le charbon actif commercial et un charbon d'origine naturelle obtenu à partir du chêne.

Le charbon de chêne été mis en étuve puis broyé puis tamisé afin de le partager en charbon de différents diamètre. Nous avons utilisé des tamis de diamètre : 2,5 – 1,6 – 1,0 – 0,5 – 0,315 et un fond de tamis. Ainsi nous obtenu des quantités de charbon de chêne de différent diamètre de particules.

II.2. Préparation de la solution d'acide acétique:

Nous avons préparé 5l d'une solution d'acide acétique 0,5M à partir d'une solution mère qui a les caractéristiques suivantes:

- ✓ $C_2H_4O_2$
- ✓ $d=1.05$
- ✓ $M=60.05$ g/mol.
- ✓ 99 – 100% pure.

Pour préparer 5l on a : $N = n \cdot M$ $1 \text{ mol} \longrightarrow 1N.$
 $0.5 \text{ M} \longrightarrow 0.5 N$

$n = M \times V = 0.5 \times 5$ $n = 2.5$ moles.

Et on a $n = m / M \Rightarrow m = n \cdot M = 2.5 \times 60 \Rightarrow m = 150$ g.

$\rho = m / v \Rightarrow v = m / \rho \Rightarrow v = 150 / 1.05 \Rightarrow v = 143$ ml.

Donc nous avons pris un volume de 143 ml de l'acide acétique pure qu'on a mis dans une fiole jaugée de 5l et on a complété jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

II.3. Préparation de la solution étalon de l'NaOH:

On a: 1N —————> 40 g
 0.25 —————> X

=> X = 10 g : masse de NaOH nécessaire pour préparer 1l d'une solution de NaOH à 0.25 N

Pour préparer 2l d'une solution de NaOH à 0.1N nous avons pris une masse de 20g de NaOH que nous avons mis dans une fiole jaugée de 2l et ensuite on a complété avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

III. Première partie: Adsorption de l'acide par différents types de charbon:

III.1. Vérification de la normalité de l'acide acétique par la solution de soude:

Pour cela on prélève 5 ml de la solution d'acide acétique avec deux gouttes de phénolphthaléine dans un erlen qu'on a dosé avec la solution de NaOH mise dans la burette, les résultats obtenus dans les 03 essais sont les suivant:

$$V_1 = 10,1 \text{ ml.}$$

$$V_2 = 10,1 \text{ ml.}$$

$$V_3 = 10,2 \text{ ml.}$$

Pour les calculs on prend $V_{\text{moy}} = 10,1 \text{ ml}$

$$\text{On a à la neutralisation } N_a \cdot V_a = N_b \cdot V_b \quad \Rightarrow \quad N_a = N_b \cdot V_b / V_a$$

$$\Rightarrow N_a = 0.25 \times 10,1 / 5$$

$$\Rightarrow N_a = 0,50 \text{ M.}$$

III.2. Adsorption de l'acide acétique sur les différents charbons:

a. Mode opératoire:

- ✓ Dans 6 erlens numérotés on introduit 5 g de charbon.
- ✓ Dans chacun des erlens on verse les quantités d'eau distillée et d'acide acétique comme suit:

| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------------------|----|----|----|----|----|----|
| eau (ml) | 0 | 20 | 30 | 35 | 40 | 45 |
| acide acétique(ml) | 50 | 30 | 20 | 15 | 10 | 5 |

Tableau A-1-quantités d'eau distillée et d'acide acétique utilisées pour les essais d'adsorption.

- ✓ On laisse les erlens pendant une demi-heure en agitant chaque 5 mn.
- ✓ Ensuite, on filtre les solutions dans une autre série d'erlens numérotés, on jette les premiers ml du filtrat à cause de la variation de la composition due à l'adsorption sur le papier filtre.
- ✓ Puis, on dose les solutions obtenues à l'aide de la solution de NaOH précédente. Pour les solutions: 1,2 et 3 on prélève 10ml à l'aide de la pipette et

pour les solutions restantes on dose 20 ml des solutions qu'on prélève à l'aide d'une pipette. On utilise comme indicateur la phénolphaléine.

- ✓ La température ambiante notée est de 25°C.

b. Résultats:

Les résultats trouvés pour chaque type de charbon sont données dans les tableaux qui suivent.

i. Adsorption sur le charbon actif:

| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|-------|-------|
| V _{NaOH} (ml) | 8,3 | 2,8 | 1,0 | 0,8 | 0,2 | 0,1 |
| [CH ₃ COOH] _i (mol/l) | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| [CH ₃ COOH] _f (mol/l) | 0,27 | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,002 | 0,001 |

Tableau A-2-Concentrations d'acide acétique pour le charbon actif.

Tel que:

- ✓ [CH₃COOH]_i est la concentration initiale d'acide acétique[mol/l].
- ✓ [CH₃COOH]_f concentration d'acide acétique après adsorption. [mol/l].
- ✓ V_{NaOH}: volume de NaOH à l'équilibre.

ii. Adsorption sur le charbon de chêne de diamètre = 1,6mm:

| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|------|-------|
| V _{NaOH} (ml) | 17,1 | 9,1 | 5,5 | 7,3 | 3,5 | 0,7 |
| [CH ₃ COOH] _i (mol/l) | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| [CH ₃ COOH] _f (mol/l) | 0,43 | 0,23 | 0,14 | 0,09 | 0,04 | 0,008 |

Tableau A-3 - Concentrations d'acide acétique pour le charbon de chêne de d=1,6mm.

iii. Adsorption sur charbon de chêne de diamètre=1 mm:

| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|------|------|------|------|------|-------|
| V _{NaOH} (ml) | 14,8 | 7,1 | 3,7 | 4,5 | 1,9 | 0,3 |
| [CH ₃ COOH] _i (mol/l) | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| [CH ₃ COOH] _f (mol/l) | 0,37 | 0,18 | 0,09 | 0,06 | 0,02 | 0,004 |

Tableau A-4- Concentrations d'acide acétique pour le charbon de chêne de d=1mm.

iv. Charbon de chêne de d = 0,5 mm:

| | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|-------|
| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| V _{NaOH} (ml) | 14,6 | 5,8 | 2,6 | 2,8 | 1,0 | 0,2 |
| [CH ₃ COOH] _i (mol/l) | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| [CH ₃ COOH] _f (mol/l) | 0,36 | 0,14 | 0,06 | 0,03 | 0,02 | 0,002 |

Tableau A-5- Concentrations d'acide acétique pour le charbon de chêne de d=0,5mm.

v. Charbon de chêne de d = 0,315 mm:

| | | | | | | |
|---|------|------|------|------|-------|-------|
| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| V _{NaOH} (ml) | 10,4 | 3,6 | 1,7 | 1,8 | 0,4 | 0,1 |
| [CH ₃ COOH] _i (mol/l) | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| [CH ₃ COOH] _f (mol/l) | 0,26 | 0,09 | 0,04 | 0,02 | 0,005 | 0,001 |

Tableau A-6- Concentrations d'acide acétique pour le charbon de chêne de d=0,315mm.

vi. Charbon de chêne de d<0,315mm:

| | | | | | | |
|---|------|------|------|-------|-------|-------|
| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| V _{NaOH} (ml) | 8,6 | 1,5 | 0,5 | 0,5 | 0,3 | 0,1 |
| [CH ₃ COOH] _i (mol/l) | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| [CH ₃ COOH] _f (mol/l) | 0,21 | 0,04 | 0,01 | 0,006 | 0,003 | 0,001 |

Tableau A-7-Concentrations d'acide acétique pour le charbon de chêne de d<0,315mm.

c. Méthode de calcul de [CH₃COOH]_i et [CH₃COOH]_f :

On a à la neutralisation : $C_1.V_1 = C_2.V_2$

- ❖ Pour [CH₃COOH]_i:
 - ✓ C₁: concentration d'acide acétique préparé.
 - ✓ V₁: volume d'acide acétique ajouté au charbon et l'eau distillée.
 - ✓ C₂ : [CH₃COOH]_i
 - ✓ V₁ : volume total (eau + acide acétique) ajouté au charbon.
- ❖ Pour [CH₃COOH]_f:
 - ✓ C₁: concentration de NaOH
 - ✓ V₁: volume de NaOH à l'équilibre.
 - ✓ C₂ : [CH₃COOH]_f

✓ V_1 : volume du filtrat prélevé pour le dosage.

III.3. Expression des résultats:

III.3.1. Isotherme de Freundlich:

D'après la loi de FREUNLICH: $-X = (C_i - C_e).Vt/m_{\text{charbon}}$

$$\Leftrightarrow \frac{X}{M} = (C_i - C_e).Vt$$

On peut déduire la quantité adsorbée X qu'on rapporte à la masse du charbon utilisée:

A l'aide des données qu'on a dans les tableaux précédents, on dresse d'autres tableaux pour tracer les graphes de type:

$$-\log \frac{X}{M} = f(-\log (C)).$$

Où : $\frac{X}{M}$: quantité d'acide acétique adsorbée par 5g de charbon.

C : concentration initiale d'acide acétique.

On a:

$$\frac{X}{M} = (C_i - C_e).Vt$$

A. Pour le charbon actif:

| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $[\text{CH}_3\text{COOH}]_i = C \text{ (mol/l)}$ | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| X/m | 0,012 | 0,010 | 0,009 | 0,007 | 0,005 | 0,002 |
| - Log(C) | 0,301 | 0,522 | 0,698 | 0,823 | 1,000 | 1,301 |
| - Log (X/m) | 1,92 | 2,00 | 2,04 | 2,15 | 2,30 | 2,69 |

Tableau A-8- Quantité d'acide acétique adsorbée par le charbon actif.

A l'aide de ce tableau on peut tracer le graphe :

$$-\log \frac{X}{M} = f(-\log (C)).$$

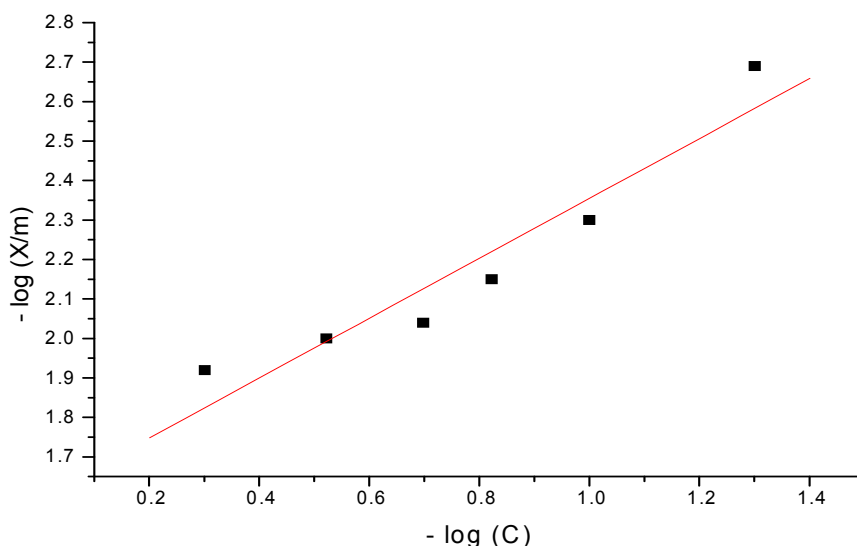
Et on pourra par la suite déterminer les paramètres A et B de la relation de FREUNLICH :

$$\frac{C}{X} = K \cdot C^n$$

$$\Rightarrow \text{Log} \left(\frac{C}{X} \right) = \text{log} (K) + n \text{ log} (C)$$

$$\Rightarrow \text{Log} \left(\frac{C}{X} \right) = B + A \text{ log} (C)$$

$\Rightarrow A = n$: la pente et $B = \text{log} K$: l'ordonnée à l'origine

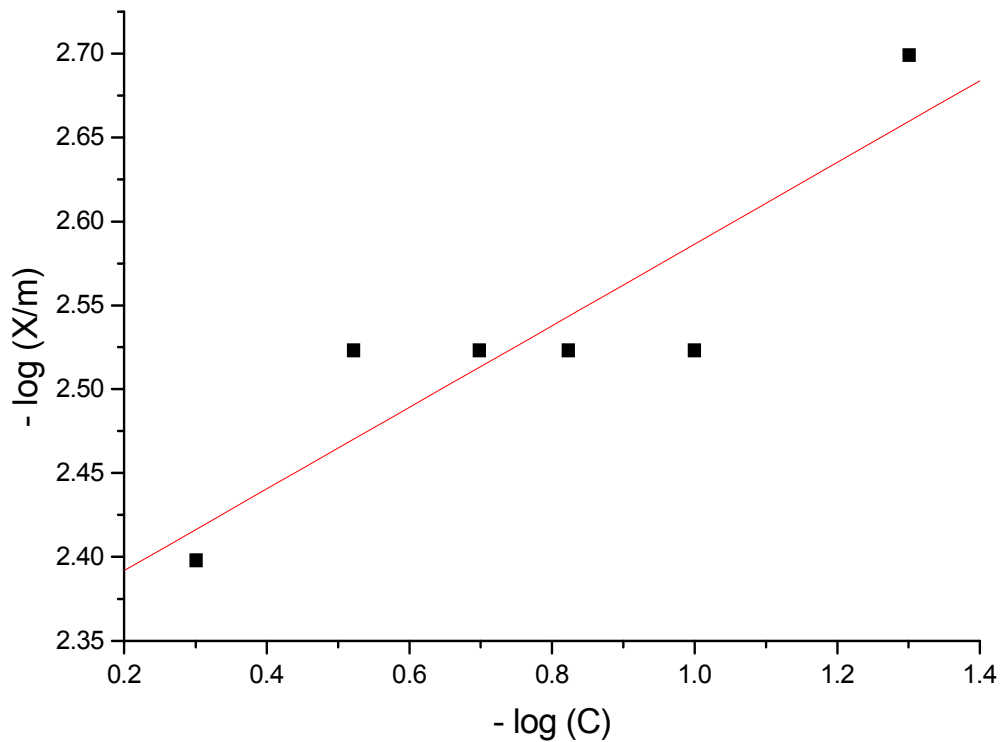


| Parameter | Value | Error |
|-----------|---------|---------|
| Log (K) | 1.59622 | 0.10059 |
| n | 0.75839 | 0.11993 |

B. Pour le charbon de chêne de diamètre $d = 1,6$ mm:

| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [CH ₃ COOH] _i | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| X/m | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 |
| - Log(C) | 0,301 | 0,522 | 0,698 | 0,823 | 1,000 | 1,301 |
| - Log (X/m) | 2,398 | 2,523 | 2,523 | 2,523 | 2,523 | 2,699 |

Tableau A-9- Quantité d'acide acétique adsorbée par le charbon de chêne de $d= 1,6$ mm.

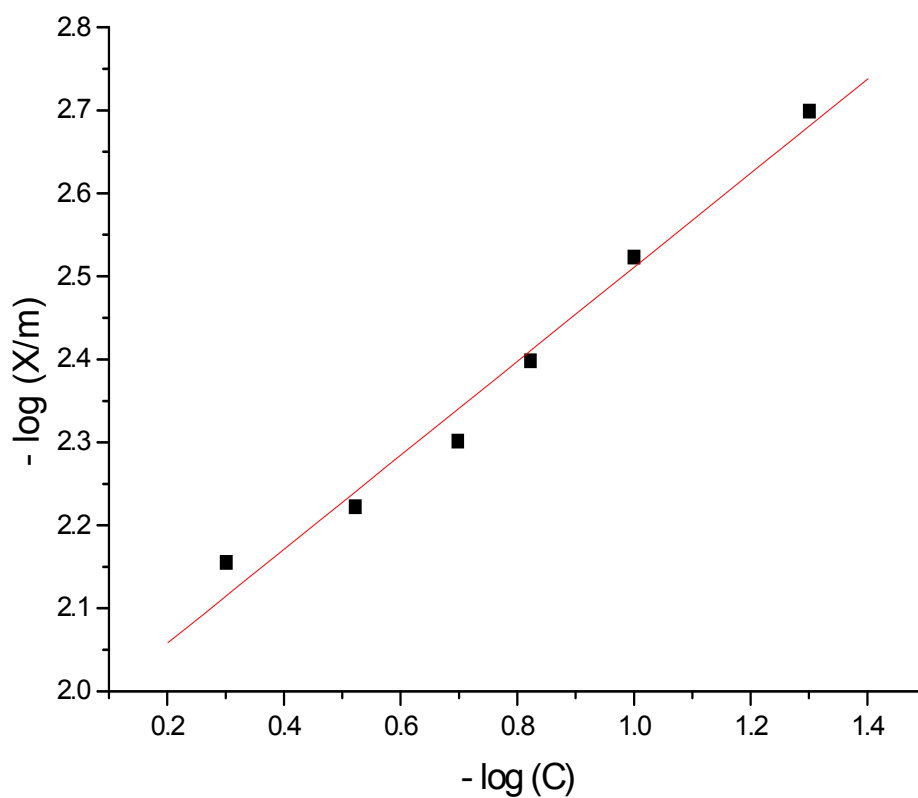


| Parameter | Value | Error |
|-----------|---------|---------|
| Log (K) | 2.34315 | 0.05096 |
| n | 0.2433 | 0.06076 |

C. Pour le charbon de chêne de $d 1$ mm::

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| [CH ₃ COOH] _i | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| X/m | 0,007 | 0,006 | 0,005 | 0,004 | 0,003 | 0,002 |
| - Log(C) | 0,301 | 0,522 | 0,698 | 0,823 | 1,000 | 1,301 |
| - Log (X/m) | 2,155 | 2,222 | 2,301 | 2,398 | 2,523 | 2,698 |

Tableau A-10- Quantité d'acide acétique adsorbée par le charbon de chêne de d=1 mm.

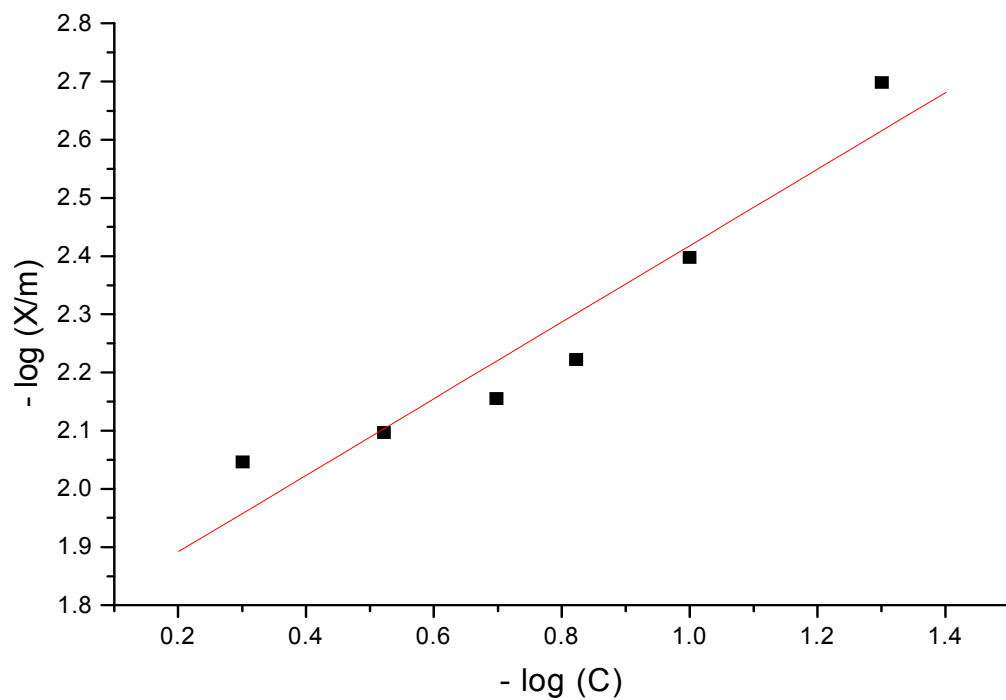


| Parameter | Value | Error |
|-----------|---------|---------|
| Log (K) | 1.945 | 0.03366 |
| n | 0.56556 | 0.04013 |

D. Pour le charbon de chêne de d = 0,5 mm:

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| [CH ₃ COOH] _i | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| X/m | 0,009 | 0,008 | 0,007 | 0,006 | 0,004 | 0,002 |
| - Log(C) | 0,301 | 0,522 | 0,698 | 0,823 | 1,000 | 1,301 |
| - Log (X/m) | 2,046 | 2,097 | 2,155 | 2,222 | 2,398 | 2,698 |

Tableau A-11- Quantités d'acide acétique adsorbées par le charbon de chêne de d=0,5mm.

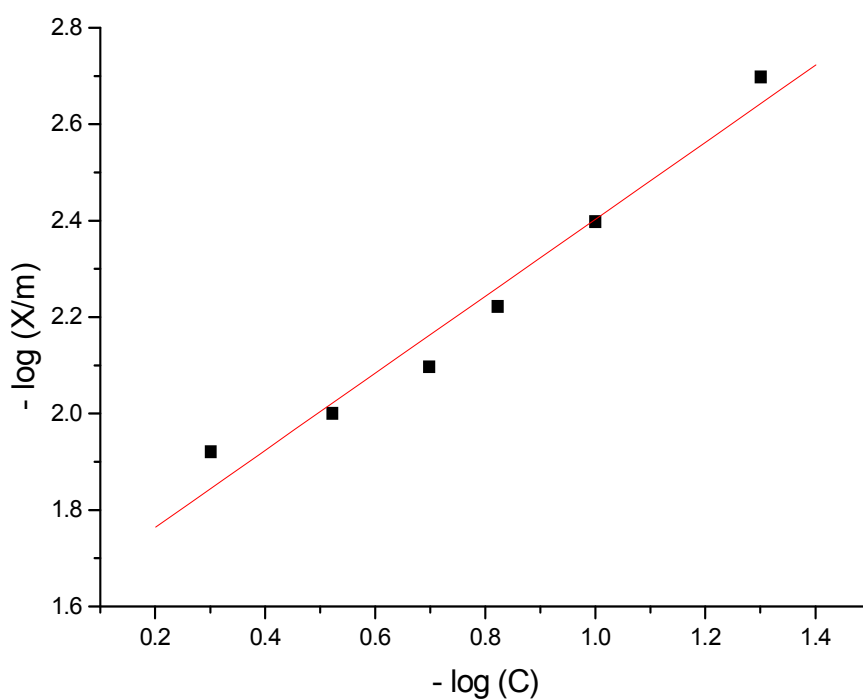


| Parameter | Value | Error |
|-----------|---------|---------|
| Log (K) | 1.76032 | 0.0845 |
| n | 0.6575 | 0.10076 |

E. Pour le charbon de chêne de d = 0,315 mm:

| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| [CH ₃ COOH] _i | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| X/m | 0,012 | 0,010 | 0,008 | 0,006 | 0,004 | 0,002 |
| - Log(C) | 0,301 | 0,522 | 0,698 | 0,823 | 1,000 | 1,301 |
| - Log (X/m) | 1,921 | 2,000 | 2,097 | 2,222 | 2,398 | 2,698 |

Tableau A-12- Quantités d'acide acétique adsorbées par le charbon de chêne de d=0,315 mm.

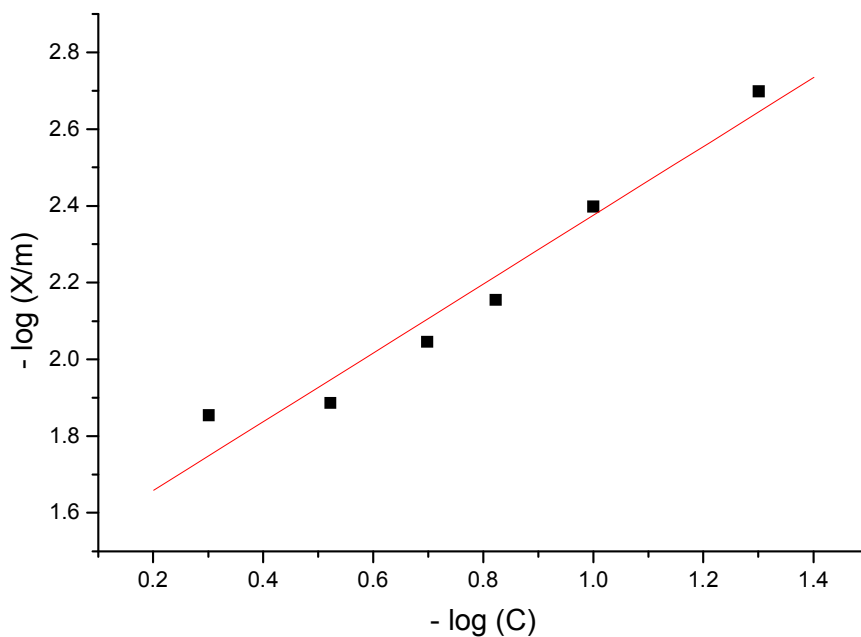


| Parameter | Value | Error |
|-----------|---------|---------|
| Log(K) | 1.60448 | 0.0651 |
| n | 0.79851 | 0.07762 |

F. Pour le charbon de chêne de d<0,315mm:

| | | | | | | |
|-------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| [CH ₃ COOH] _i | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| X/m | 0,014 | 0,013 | 0,009 | 0,007 | 0,004 | 0,002 |
| - Log(C) | 0,301 | 0,522 | 0,698 | 0,823 | 1,000 | 1,301 |
| - Log (X/m) | 1,854 | 1,886 | 2,046 | 2,155 | 2,398 | 2,699 |

Tableau A-13- Quantités d'acide acétique adsorbées par le charbon de chêne de d<0,315 mm.



| Parameter | Value | Error |
|-----------|---------|---------|
| Log (K) | 1.47843 | 0.08464 |
| n | 0.89718 | 0.10093 |

III.3.2. isotherme de Langmuir:

Traçage des graphes de type : $\frac{m}{C_i} = f(m)$

Où : m est la masse adsorbée

C_i est la concentration initiale de l'acide acétique.

On se basant sur l'équation de Langmuir : $m = m_0 \cdot bc / (1 + bc)$(1)

Où m₀ est la masse nécessaire pour couvrir toute la surface d'une couche monomoléculaire.

Et m est la masse adsorbée.

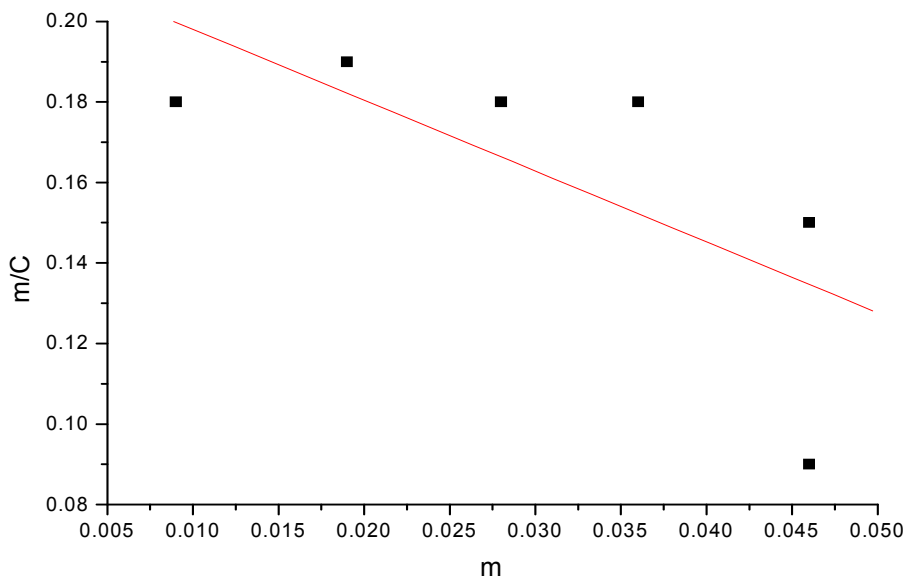
$$\begin{aligned}
 (1) & \Leftrightarrow m \cdot (1 + bc) = m_0 \cdot bc \\
 & \Leftrightarrow m + \frac{bc \cdot m}{c} = m \frac{bc}{c} \\
 & \Leftrightarrow \frac{m}{c} + b m = m b \\
 & \Leftrightarrow \frac{m}{c} = m b - b m
 \end{aligned}$$

Avec $m = (C_i - C_f) / 5g$ (de charbon).

On peut donc dresser les tableaux suivants:

A. Pour le charbon actif:

| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ci | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| .m (mol/g) | 0,046 | 0,046 | 0,036 | 0,028 | 0,019 | 0,009 |
| .m/Ci | 0,09 | 0,15 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,18 |

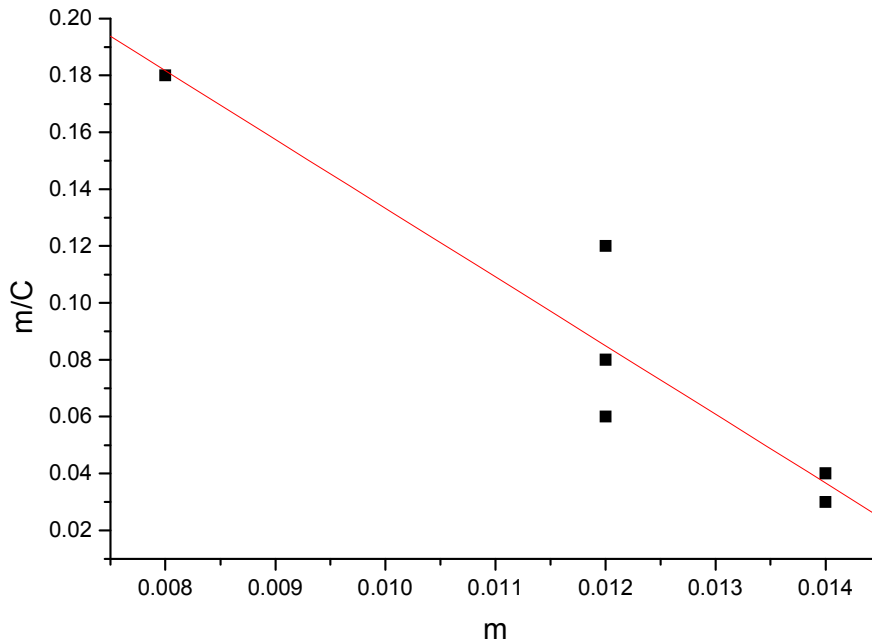


| Parameter | Value | Error |
|-----------|----------|---------|
| A | 0.21566 | 0.03035 |
| B | -1.76065 | 0.90469 |

B. Pour le charbon de chêne de d = 1,6 mm:

| erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------|---|---|---|---|---|---|
|-------|---|---|---|---|---|---|

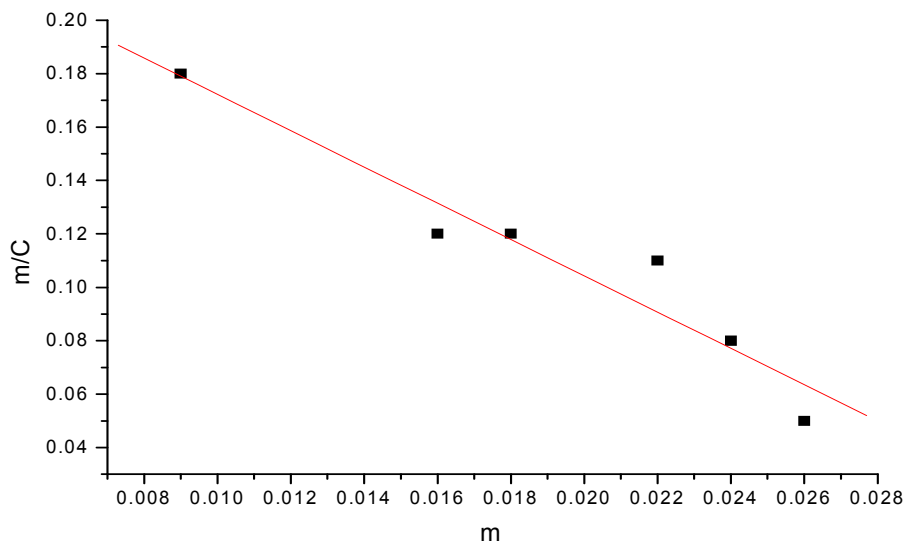
| | | | | | | |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Ci | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| .m (mol/g) | 0,014 | 0,014 | 0,012 | 0,012 | 0,012 | 0,008 |
| .m/Ci | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,12 | 0,16 |



| Parameter | Value | Error |
|-----------|-----------|---------|
| A | 0.375 | 0.05459 |
| B | -24.16667 | 4.48764 |

C. Pour le charbon de chêne de d = 1 mm:

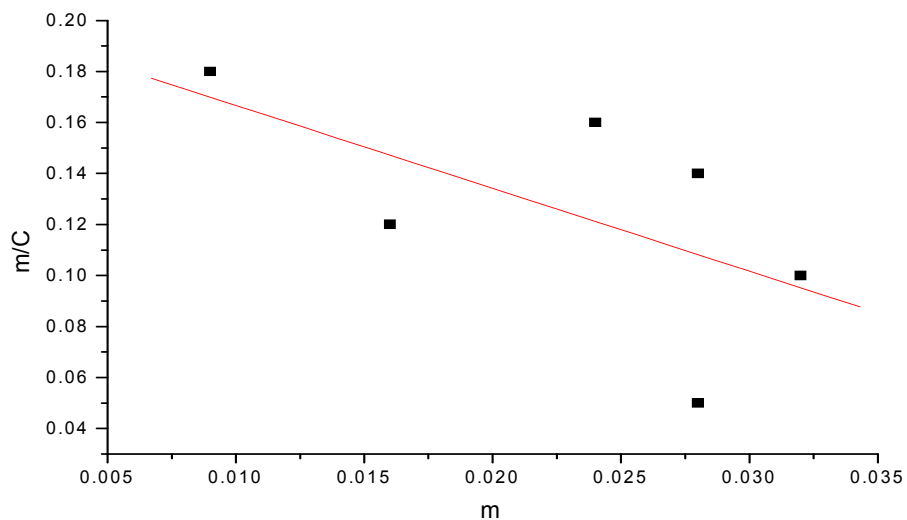
| | | | | | | |
|-------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Ci | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| .m (mol/g) | 0,026 | 0,024 | 0,022 | 0,018 | 0,016 | 0,009 |
| .m/Ci | 0,05 | 0,08 | 0,11 | 0,12 | 0,16 | 0,18 |



| Parameter | Value | Error |
|-----------|----------|---------|
| A | 0.24021 | 0.01905 |
| B | -6.79343 | 0.95305 |

D. Pour le charbon de chêne de $d = 0,5$ mm:

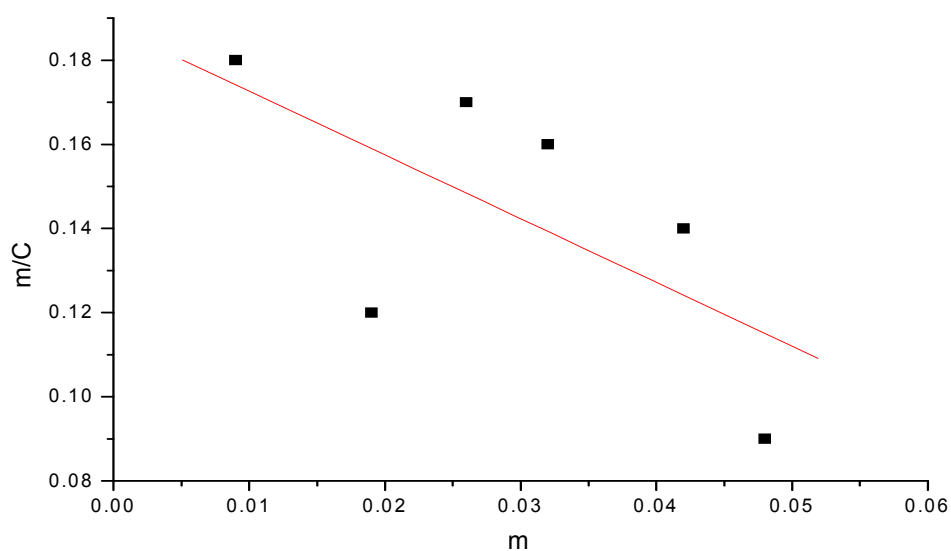
| erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ci | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| .m (mol/g) | 0,028 | 0,032 | 0,028 | 0,024 | 0,016 | 0,009 |
| .m/Ci | 0,05 | 0,10 | 0,14 | 0,16 | 0,16 | 0,18 |



| Parameter | Value | Error |
|-----------|----------|---------|
| A | 0.19923 | 0.05121 |
| B | -3.25077 | 2.11894 |

E. Pour le charbon de chêne de $d = 0,315$ mm:

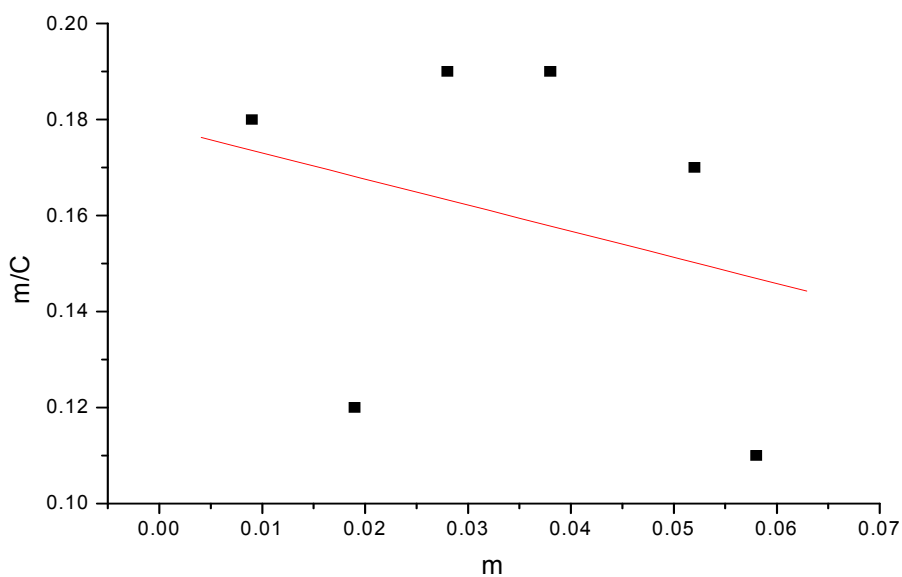
| erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ci | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| .m (mol/g) | 0,048 | 0,042 | 0,032 | 0,026 | 0,019 | 0,009 |
| .m/Ci | 0,09 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,19 | 0,18 |



| Parameter | Value | Error |
|-----------|----------|---------|
| A | 0.18777 | 0.02868 |
| B | -1.51496 | 0.8915 |

F. Pour le charbon de chêne de $d < 0,315$ mm:

| Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ci | 0,5 | 0,3 | 0,2 | 0,15 | 0,1 | 0,05 |
| .m (mol/g) | 0,058 | 0,052 | 0,038 | 0,028 | 0,019 | 0,009 |
| .m/Ci | 0,11 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,18 |



| Parameter | Value | Error |
|-----------|----------|---------|
| A | 0.17849 | 0.03443 |
| B | -0.54384 | 0.9022 |

III.3.2. Comparaison de la capacité d'adsorption des différents charbons étudiés:

A. comparaison de la quantité $:\frac{x}{m}$

| | Erlen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------|-----------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| charbon actif | 0,012 | 0,012 | 0,009 | 0,007 | 0,005 | 0,002 | 0,002 |
| charbon de chêne | d = 1,6 mm | 0,004 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,003 | 0,002 |
| | d = 1 mm | 0,006 | 0,006 | 0,005 | 0,004 | 0,004 | 0,002 |
| | d= 0,5 mm | 0,009 | 0,008 | 0,007 | 0,006 | 0,004 | 0,002 |
| | d =0,315 mm | 0,012 | 0,010 | 0,008 | 0,006 | 0,004 | 0,002 |
| | d <0,315 mm | 0,014 | 0,013 | 0,009 | 0,007 | 0,004 | 0,002 |

D'après ce tableau on remarque que le charbon de chêne de diamètres = 1,6 mm et 1mm ont des pouvoirs adsorbants inférieurs à celui du charbon actif. On remarque

aussi que les particules de charbon de chêne à un diamètre = 0,315mm ont un pouvoir d'adsorption égale à celui du charbon actif et que le charbon de chêne de diamètre inférieur à 0,315 mm ont un pouvoir adsorbant plus élevée que celui du charbon actif.

B. comparaison des quantités m/C_i :

| Erlen | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-------------------------|----------------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| charbon de chêne | charbon actif | 0,09 | 0,012 | 0,15 | 0,18 | 0,19 | 0,18 |
| | d = 1,6 mm | 0,03 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,12 | 0,16 |
| | d = 1 mm | 0,05 | 0,08 | 0,11 | 0,12 | 0,16 | 0,18 |
| | d= 0,5 mm | 0,05 | 0,10 | 0,14 | 0,16 | 0,16 | 0,18 |
| | d =0,315 mm | 0,09 | 0,14 | 0,16 | 0,17 | 0,19 | 0,18 |
| | Fond | 0,11 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,18 |

Là aussi on remarque que les particules de charbon de chêne qui ont un diamètre $\leq 0,315$ mm, donnent les meilleurs résultats d'adsorptions même par rapport au charbon actif.

Conclusion:

Pour cette partie on peut conclure que les particules du charbon de chêne de $d \leq 0,315$ mm sont de meilleur adsorbants que le au charbon actif et que le charbon de chêne dont les particules vont de 1,6 à 0,5 mm sont à éliminé car elles ne donnent pas de bons résultats.

IV. DEUXIEME PARTIE : ADSORPTION DES COLORANTS SUR LE CHARBON DE CHÊNE:

IV.1. préparation des solutions colorées:

Pour la solution de méthyle orange nous avons pris une masse de 0,015g du colorant que l'on a introduit dans une fiole d'un litre et complété avec l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

Pour la solution de noir amido nous avons pris 0,010g du colorant et on a procédé comme pour la première solution ($V=1l$).

On a utilisé un colorimètre pour vérifier le pourcentage de transmission des solutions et ainsi pouvoir déduire les concentrations des solutions après adsorption sur le charbon.

Pour cela on a procédé d'abord à la dilution de la solution mère afin d'obtenir plusieurs solutions de concentrations différentes et on a ensuite mesuré leur pourcentage de transmission pour pouvoir ensuite utiliser ces résultats pour connaître la concentration des solutions après adsorption.

Pour le choix des filtres on s'est basé sur le cercle chromatique:

- ✓ On a une solution orange donc le filtre doit être bleu \Rightarrow filtre 430
- ✓ Et une solution bleu donc le filtre doit être orange \Rightarrow filtre 600

IV.2.courbes: $T = f(C)$:

Pour pouvoir déduire la concentration d'une solution en connaissant son pourcentage de transmission on doit tracer le graphe de type: $T = f(C)$.

Tel que:

- ✓ T est le pourcentage de transmission.
- ✓ C est la concentration de la solution.

A. Pour le méthyle orange:

On a pris 04 fioles jaugées de 50ml qu'on a utilisé pour obtenir 04 solutions de concentrations différentes à partir de la dilution de solution mère.

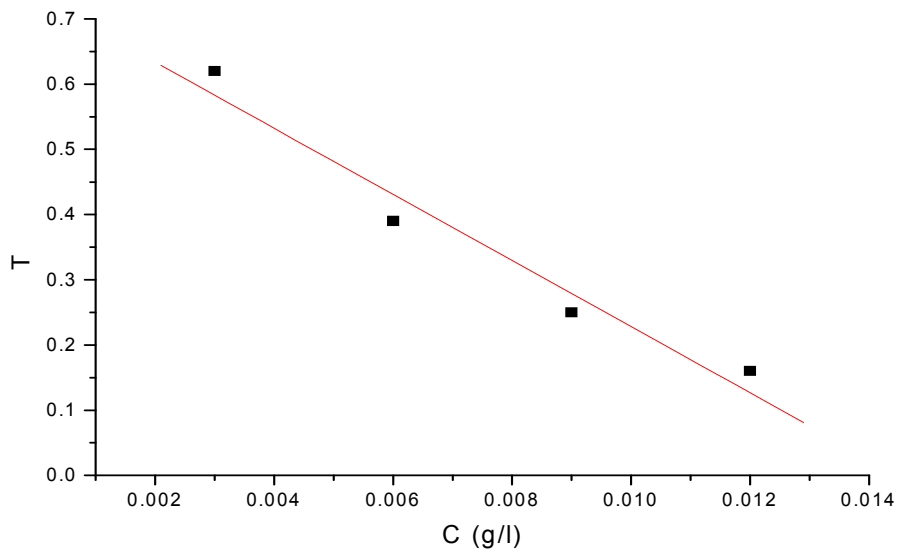
Ensuite on a mesuré le pourcentage de transmission de chaque solution.

La solution mère à une concentration de 0,015 g/l et son pourcentage de transmission: $T = 11\%$.

Les résultats sont exprimés dans le tableau suivant:

| | | | | |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| C (g/l) | 0,012 | 0,009 | 0,006 | 0,003 |
| T (%) | 16 | 25 | 39 | 62 |

On peut donc tracer le graphe : $T = f(C)$



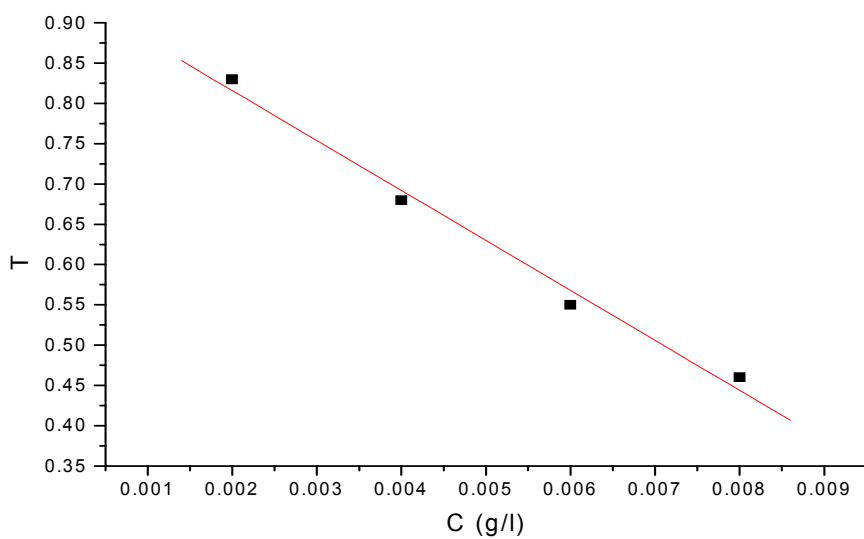
A. Pour le noir amido

La concentration de la solution mère est d 0,01 g/l. son % de transmission T = 38%.

Même chose pour le noir amido et les résultats sont regroupées dans le tableau suivant:

| | | | | |
|----------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| C (g/l) | 0,008 | 0,006 | 0,004 | 0,002 |
| T (%) | 46 | 55 | 68 | 83 |

$T = f(C)$.



IV.3.adsorption des colorants sur les différents charbons:

a. Mode opératoire:

On pèse 5g de charbon qu'on met dans un bécher au quel on ajoute 200ml de la solution colorée, puis on le met sous agitation, et à différents intervalles de temps on prélève une petite quantité à l'aide d'une pipette, on la filtre puis on mesure son pourcentage de transmission.

b. Résultats:

J'ai effectué la manipulation citée dessus sur 02 granulométries différentes charbon de chêne.

i. Charbon de chêne de d = 0,315 mm

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant:

| temps | 30 mn | 60 mn | 12 h | Concentration finale (g/l) |
|------------------------|-------|-------|------|----------------------------|
| T du noir amido (%) | 39 | 40 | 60 | ≈ 0,005 |
| T du methyl orange (%) | 52 | 55 | 94 | ≈ 0 |

ii. Charbon de chêne de d < 0,315 mm.

Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant:

| temps | 30 mn | 60 mn | 12 h | Concentration finale (g/l) |
|------------------------|-------|-------|------|----------------------------|
| T du noir amido (%) | 44 | 62 | 70 | ≈ 0,003 |
| T du methyl orange (%) | 78 | 82 | 96 | ≈ 0 |

CONCLUSION:

On remarque que pour le méthyle orange la concentration finale du colorant est presque nulle il ne reste que des traces du colorant sachant que la concentration initiale était de 0,015 g/l.

Et que pour le noir amido la concentration finale est de 0,003 g/l et au début elle était de 0,010 g/l

Donc on peut conclure que toute la quantité de colorant méthyle orange a été adsorbé par le charbon de chêne, et que les deux tiers de la quantité du noir amido l'a été aussi.

V. TROISIEME PARTIE : ADSORPTION DE L'EAU D'USINE SUR LE CHARBON DE CHÊNE:

Dans cette partie on va essayer de purifier une eau contaminée provenant de l'usine de textile SOITEXE.

L'eau en question est de couleur bleu clair et elle dégage une odeur désagréable.

Pour la traitée on va prendre 200 ml de cette eau qu'on met dans un b cher et on va lui ajout e 5g du charbon de chêne et on met le tout sous agitation pendant 12h.

Après cela on mesure le pourcentage de transmission de l'eau contaminé puis celui de l'eau trait e avec le charbon.

Le pourcentage de transmission de l'eau contaminé est de 80%

Après traitement avec le charbon de chêne pendant 12h les mesures prises sont repr sent es dans le tableau suivant:

| | T(%) | pH | couleur | odeur |
|--|-------------|-------------|---------------------|---------------------|
| eau d'usine | 80 | 6.44 | bleu claire | d sag r able |
| eau trait e avec charbon d=0,315mm | 97 | 7.29 | transparente | sans odeur |
| eau trait e avec charbon d<0,315mm | 98 | 7.1 | transparente | sans odeur |

D'après les résultats trouvés on voit bien que l'eau de l'usine après traitement son pourcentage de transmission est de 98% ce qui signifie qu'il reste seulement des traces du colorant. Le pH acide de l'eau de l'usine qui été de 6.44 est maintenant de 7.1 et l'odeur d sag r able a disparu. Ce qui signifie qu'on a atteint notre but qui été de trouver un charbon qui a un cout de production moins élevé que le charbon actif et qui donne des résultats aussi bons que ceux obtenus avec le charbon actif.

Dans une dernière partie, nous avons fait adsorber au charbon de chêne un désinfectant synthétisé au laboratoire de chimie organique, substances naturelles et analyses (COSNA).

Nous avons ensuite effectué des tests d'élimination des bactéries présentes dans les eaux de rejets par le charbon de chêne seul et par le charbon de chêne contenant le désinfectant.

a) Mode opératoire:

On prend 5g de charbon de chêne de $d < 0,315\text{mm}$ on le met dans un bécher, auquel on ajoute 0,01 g du désinfectant synthétique diluée dans 10 ml d'eau distillée. On met le tout sous agitation pendant 30 mn puis on filtre, on doit normalement obtenir du charbon de chêne combiné avec le désinfectant. On utilisera cette substance ensuite sur l'eau de l'usine pour vérifier si on peut éliminer les bactéries en même temps que la décoloration de l'eau.

Pour cela on prend notre substance filtrée on la met dans un bécher et on lui ajoute 200ml de l'eau d'usine et on met sous agitation pendant 1h.

b) Résultats:

Les résultats sont exprimés dans le tableau suivant:

| | T(%) | Diamètre de la zone d'inhibition | couleur | odeur |
|--|-------------|---|---------------------|--------------------|
| eau d'usine | 80 | 0 | bleu claire | désagréable |
| eau traitée avec charbon | 83 | 1,1 cm | transparente | sans odeur |
| eau traitée avec charbon + désinfectant | 92 | 1,4 cm | transparente | sans odeur |

Les résultats de l'analyse bactériologique sont donnés par le diamètre de la zone d'inhibition, plus ce diamètre est grand et plus il y a moins d'activité bactériologique.

On remarque que pour l'eau d'usine le diamètre est de 0 car l'eau n'a pas encore été traitée et donc elle est pleine de bactéries.

Pour l'eau traitée avec le charbon de chêne seulement on voit que le diamètre est supérieur à celui de l'eau d'usine donc il y a eu diminution de l'activité bactériologique.

Et dans le troisième cas, pour l'eau traitée avec le charbon de chêne qui a été traité avec le désinfectant la zone est supérieure aux deux autres donc il y a encore moins de bactéries.

CONCLUSION

Le travail réalisé au cours de ce mémoire s'inscrit dans le cadre général de la dépollution des eaux usées. Il a eu pour objectif d'étudier la possibilité d'utiliser un autre charbon que le charbon actif et qui donnent d'aussi bons résultats que le charbon actif en ce qui concerne l'adsorption des colorants synthétiques, mais qui doit avoir aussi un coût de production beaucoup moins cher que le charbon actif.

Le charbon étudié dans cette thèse est le charbon de chêne qui ne nécessite pas un grand budget pour sa fabrication. D'après les résultats obtenus dans la première partie on peut conclure que le charbon de chêne qui a des particules d'un diamètre de moins de 0,315 mm à un pouvoir adsorbant meilleur que celui du charbon actif.

Ensuite dans la seconde partie on a utilisé le charbon de chêne pour la décoloration de solutions colorés à concentrations connues, là aussi on a pu obtenir des résultats satisfaisants car sur les deux colorants utilisés l'un été complètement adsorbé et l'autre presque totalement adsorbé.

Et dans la dernière partie on a essayé de purifier l'eau rejetée par une usine de textile, là aussi on a pu obtenir des résultats très satisfaisants.

Donc en conclusion on peut dire que le charbon de chêne est un aussi bon adsorbant que le charbon actif à un certain seuil de taille de particules.

Et si on traite le charbon avant son emploi avec un désinfectant on aura encore de meilleur résultat même en ce qui concerne l'activité bactériologique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Zhenwang L., Zhenlu C., Jianyan L., *15th World Conference On Non Destructive Testing*, 15-21 October (2000).
- [2] Bauer C., Jacques P., Kalt A., *J. Photochem. Photobiol.* (2001).
- [3] Zollinger H., *Color chemistry, Synthese, properties and applications of organic dyes and pigments* (1987).
- [4] Cooper P., *Colour in dyehouse effluent, the society of dyers and colourists*, (1995).
- [5] IARC, *World Health Organization International Agency for research on cancer* (1982).
- [6] EPA, *Integrated Risk Information System, Azobenzene* (1998).
- [7] Platzek T., Lang C., Grohmann G., Gi US., Baltes W., *J. Human* (1999)
- [8] Oros G, Cserhati T, Forgacs E., *J. Fresenius Environ Bull* (2001)
- [9] Combes, R.D., Haveland-Smith, R.B. *J. Mutation Research, Amsterdam*, (1982).
- [10] Brown M.A., Devito S.C., *Critical review in Environ. Sc. And Techn* (1993)
- [11] Willmott Nj, Guthrie Jt, Nelson G (1998).
- [12] Ahmed M.N., Ram R.N., *J. Env. Pollut*, (1992)
- [13] Desjardins R. *Le traitement des eaux 2^{ème} édition revue* (1990).
- [14] Arias M., Barral M. T., Mejuto J. C., *J. Chemosphere* (2002).
- [15] Rachidi M. H. *Etude de l'adsorption de l'Octaéthylporphyrine de Nickel sur les apatites phosphocalciques.*(1994).
- [16] Mechrafi E. *Adsorption, désorption et mobilité des herbicides au contact des adsorbants organiques et minéraux* (2002).
- [17] El Azzouzi M., *Persistance, mobilité et photodégradation de l'imazapyr dans le sol et l'eau*, (1999).
- [18] Mekaoui M. *Etude de l'adsorption, de la persistance et de la photodégradation du (TBM) dans le sol et l'eau* (2001).
- [19] Montacer H. *Contribution à l'étude du devenir de la Therbuthylazine dans le sol et l'eau* (1999).
- [20] Senesi N., *J. The science of the total environment* (1992).

- [21] Chiou C. T., Peters L. J., Freed V. H. *J. Environmental science and technology* (1979).
- [22] Karickhoff S. W., Brown D. S., Scott T. A., *J. Water Research* (1997).
- [23] Perrat C., Devenir des pesticides dans les sols : Validation des méthodes d'analyse et isothermes d'adsorption (2001).
- [24] Bekouche S., Etude de l'adsorption du phénol sur le TiO₂, Université Mentouri Constantine (2003).
- [25] Gao J. P., Maguhn J., Spitzauer P., *J. Water Research* (1998).
- [26] Seiber J. N., (Ed) .Ragsdale N.N. and Kuhr R. J.(1987).
- [27] Houas A., Bakir I., Ksibi M., Elaloui E., *J.Chim.Phys.* (1996).
- [28] Slejko E. L. and Dekker M., Adsorption Technology; A step by step approach to process avaluation and application (1985).
- [29] Monarrez I. M., Rétention de pesticides dans les sols des dispositifs tampon, enherbés et boisés rôle des matières organiques. Paris – Grignon (2004).
- [30] Weber W. J., Mc Ginley R. M. and Katz L. E., *J. Water. Research.* (1991).
- [31] Dipa G., Krishna G. B., *J. Applied Clay Science* (2002).
- [32] Demirbas A., Sari A., Isildak O., *J. hazardous Materials B* (2006).
- [33] Giles C.H., MC Evant M., Nakhawas S.W. and Smith D. J (1960).
- [34] Destriau M., Dorthe G., Ben-Aim R. Cinétique et dynamique chimique (1981).
- [35] Rodríguez-reinoso F. 1998. The role of carbon materials in heterogeneous catalysis.
- [36] Wohler O., Von Sturm F., Wege E., Von Kienle H., Voll M. and Kleinschmidt.
- [37] Stüber F, Font J, Fortuny A, Bengoa C, Eftaxias A, Fabregat A. 2005.
- [38] Rodríguez-Reinoso F, Molina-Sabio M. 1998. Advances in Colloid and Interface Science.
- [39] Dabrowski A, Podkoscielny P, Hubicki Z, Barczak M. 2005. Adsorption of phenolic compounds by activated carbon.

Annexe A.1) étude granulométrique du charbon de chêne:

| Φ (mm) | m (g) | % refus | % refus cummulé |
|-------------|-------|---------|-----------------|
| 2.5 | 34.4 | 3.44 | 3.44 |
| 1.6 | 174.8 | 17.48 | 20.92 |
| 1 | 248.5 | 24.85 | 45.77 |
| 0.5 | 134.4 | 13.44 | 59.21 |
| 0.315 | 110 | 11 | 70.21 |
| FOND | 297.5 | 29.75 | 100 |

Annexe A.2) Longueur d'onde des rayons visibles du spectre:



