



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



UNIVERSITE ABD EL-HAMIDE IBN BADIS

MOSTAGANEM

FACULTE DES SCIENCES EXACTES ET DE L'INFORMATIQUE

DEPARTEMENT DE CHIMIE

MEMOIRE

Pour obtenir le diplôme de

MASTER II EN CHIMIE

Option: ANALYSE SPECTRALE EN CHIMIE

Par

BELKEBIR DJAMILA

ELIMINATION D'UN COLORANT CATIONIQUE PAR UNE BIOMASSE ACTIVEE

Soutenu le : 30 /05/2015 devant la commission d'examen :

Président :	M.BOURAADA	M.C.A	Université de Mostaganem
Examineur :	A.BELHAKEM	M.C.A	Université de Mostaganem
Rapporteur :	F.BELHALFAOUI	M.C.B	Université de Mostaganem

2014-1015

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION

La pollution des eaux et des sols, accidentellement ou volontairement, par certains produits chimiques d'origine industrielle (hydrocarbures, phénols, colorants,...) ou agricole (pesticides, engrais,...) constitue une source de dégradation de l'environnement et suscite à l'heure actuelle un intérêt particulier à l'échelle internationale. [1]

Les polluants les plus souvent rencontrés sont les métaux lourds issus des industries mécaniques et les colorants de l'industrie textile. [2]

Les colorants occupent une place importante dans les composés organiques synthétiques. En général, ces colorants de synthèse présentent un aspect pratique et économique plus attractif mais également une source de pollution plus importante. Les colorants de synthèse, toxiques pour la plupart, sont largement utilisés dans l'industrie du textile. Ces substances sont classées en deux familles, les colorants solubles dans l'eau et insolubles dans l'eau. Les colorants solubles dans l'eau sont néfastes pour l'environnement, leurs rejets dans les systèmes aquatiques causent des dommages à l'environnement en raison de leur toxicité, ce qui impose leur traitement. Mais la complexité de ces polluants est leur couleur affectent énormément l'efficacité des traitements classiques appliqués. [3]

Les méthodes de traitement des effluents colorés peuvent être divisées en trois catégories principales : physique, chimique et biologique. L'adsorption est généralement considérée comme une méthode efficace pour baisser la concentration des colorants dissous dans un effluent. [4]

L'étude a porté sur élimination d'un colorant cationique en fonction de différents facteurs susceptibles d'affecter le rendement de cette élimination.

Ce travail comporte deux parties essentielles :

La première partie est consacrée à une étude bibliographique sur l'adsorption, les adsorbats, et les colorants.

La deuxième partie est une étude expérimentale de la cinétique d'adsorption, l'effet de certains paramètres importants influençant le pouvoir d'adsorption du matériau utilisé, en particulier, le pH de la solution, la cinétique d'adsorption, l'isotherme d'adsorption, l'effet de température et à la fin la régénération de ce matériau.

En fin, une conclusion générale rassemble les principaux résultats de cette étude

I.1.Généralités sur les colorants :

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.

I.2.Définition :

Un colorant est une substance chimique colorée capable de transmettre sa coloration à d'autre corps [5], est un composé organique insaturé et aromatique.

Les premières matières colorantes étaient d'origines végétales (garance, indigo, gaude...) ou même animales (carmin, tiré de la cochenille). A l'heure actuelle, presque la totalité des matières colorantes employées sont dérivées des hydrocarbures contenus dans le goudron de houille. [6]

I.3.Classification des colorants**I.3.1.Colorants solubles dans l'eau**

- Les colorants acides ou anioniques:

Ils sont solubles dans l'eau grâce à leurs groupements 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. L'affinité colorant-fibre est le résultat de liaisons ioniques entre la partie acide sulfonique du colorant et les groupements amino des fibres textiles. [7]

- Les colorants basiques ou cationiques :

Les colorants basiques ou cationiques sont des sels d'amines organiques, 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 phase 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. [7]

- Les colorants directs (ou substantifs) :

Qui sont solubles dans l'eau et qui présentent une grande affinité pour les fibres cellulosiques. Cette affinité est due à leur forme linéaire et à la coplanarité des noyaux aromatiques. Ainsi,

le rouge Congo est capable de teindre directement le coton sans la participation d'aucun mordant. En outre, Ils permettent d'obtenir une grande variété de coloris et sont d'une application facile. Ils présentent néanmoins, une faible solidité au mouillé.

I.3.2. Colorants insolubles dans l'eau :

Cette classe est caractérisée par la solubilité des colorants dans des milieux autres que l'eau. Ces colorants sont divers. On peut citer :

- Les colorants dispersés :

Les colorant dispersés sont très peu solubles dans l'eau et sont appliqués sous forme d'une fine dispersée dans le bain de teinture. Ils sont en mesure, lors d'une teinture à haute température, de diffuser dans les fibres synthétiques puis de s'y fixer. [7]

- Les colorants de cuve :

Ces types de colorants doivent être réduits en substances incolores ou peu colorés, appelés « leuco-dérivé », en milieu alcalin dans une cuve d'où leur dénomination. Ces substances présentent une grande affinité pour les fibres. Lorsque celles-ci ont été imprégnées. Elles sont abandonnées à l'air où le gaz carbonique neutralise l'alcali et l'oxygène réoxyde lentement le leucodérivé et par conséquent le colorant est régénéré.

Les colorants de cuve permettent de teindre les fibres cellulosiques ainsi que les polymides et ils donnent des teintures très solides. L'indigo est un de colorant de cuve connu depuis longtemps. [8]

I.4. Utilisation des colorants :

Pour se convaincre de l'importance des matières colorantes, il suffit d'examiner l'ensemble des produits manufacturés soumis à une opération de coloration.

Les grands domaines d'application des colorants sont les suivants :

- Textiles : 60%
- Papiers : 10%
- Matières plastiques et élastomères : 10%
- Cuirs et fourrures : 3%

Les autres applications concernent les produits alimentaires, le bois, et la photographie.

I.5. Toxicité des colorants :

Depuis la moitié du XIX^{ème} siècle les chercheurs ont synthétisé des milliers de colorants correspondants à la teinte des différentes fibres. Mais parallèlement à cette

recherche les toxicologues ont voulu vérifier les effets physiologiques et toxiques de ces colorants de synthèse.

Les expériences réalisées sur les animaux ont révélé que certains colorants sont toxiques. C'est la raison pour laquelle les pouvoirs publics ont interdit l'utilisation de quelques colorants alimentaires et industriels.

Actuellement de nombreuses stations d'épuration des industries textiles rejettent des quantités importantes d'eau et des boues colorées dans la nature. Ces rejets peuvent se transmettre à l'être humain par :

- action du vent (poussière en été)
- infiltration du colorant dans les nappes phréatiques
- la chaîne alimentaire (végétaux, animaux).

L'accumulation des doses du colorant sur l'organisme provoque des cancers.

Les aminés aromatiques dérivant des hydrocarbures, servent à la fabrication des colorants employés tels que : N-phényl-2-naphylamine, amino-4-diphényl, benzidine toluène; 4-2 amino-2-nitrophile etc. ...

Ces composés jouent un rôle important dans l'apparition de maladies professionnelles tel que le cancer de la vessie.

I.6.Méthode de traitement des rejets liquides :

Le traitement des rejets textiles, compte tenu de leur hétérogénéité de composition, conduira toujours à la conception d'une chaîne de traitement assurant l'élimination des différents polluants par étapes successives. La première étape consiste à éliminer la pollution insoluble par l'intermédiaire de prétraitements (dégrillage, dessablage, déshuilage...) et/ou de traitements physiques ou physico-chimiques assurant une séparation solide-liquide. Les techniques de dépollution intervenant le plus couramment en deuxième étape dans les industries textiles d'après Barclay, Buckley, kurbus et al [9,10]. Elles se divisent en trois types :

➤ Physique:

- Méthodes de précipitation (coagulation, floculation et sédimentation),
- Adsorption (sur charbon actif).
- Osmose inverse et filtration.
- Incinération.

➤ Chimique

- Oxydation (oxygène, ozone, oxydants tels que NaOCl et H₂O₂),
- Réduction (Na₂S₂O₄),
- Méthode compleximétrique,
- Résine échangeuse d'ions.

➤ Biologique :

- Traitement aérobie,
- Traitement anaérobie.

I.7. Elimination des colorants :

Les problèmes rencontrés dans les industries sont liés à l'élimination des colorants utilisés à partir des eaux de rinçage. En général, les méthodes classiques de traitement sont :

I.7.1. traitement physico-chimique :

Il comprend la coagulation, la floculation aux sels métalliques et la décantation. La teneur d'élimination varie de 50 à 80%.

L'inconvénient majeur de ce type de traitement est la production d'une charge importante de boues non valorisable. [11]

I.7.2. traitement biologique :

Basé sur les micros organismes en milieu aérobie (présence d'oxygène) ou anaérobie (absence d'oxygène), le traitement biologique est une méthode qui pourrait être nécessaire à la dégradation de composés organiques synthétiques tels que les colorants. Ce procédé peut conduire soit à une biodégradation totale avec formation de CO₂ et de H₂O, soit à une biodégradation incomplète, pouvant aboutir à un composé ayant une structure différente du parent produit. Cependant, les colorants synthétiques utilisés dans le textile se sont avérés résistants à la biodégradation. [12]

Une décoloration de l'ordre de 22% a été obtenue par traitement biologique pour des colorants employés dans la teinture des fibres polyester et du coton [12]. Le traitement biologique est souvent caractérisé par des mesures de la D.B.O (demande biologique en oxygène) et de la D.C.O (demande chimique en oxygène). Ainsi, en situation d'anaérobie, le

rendement d'élimination est de 80% pour la D.C.O dans le cas des effluents chargés (0,8kg/m³). Ce rendement n'est que de 50% pour des effluents encore plus chargés [12].

Toutefois, il convient de signaler, qu'une élimination totale de certains colorants a pu être obtenue, en utilisant une bactérie du type "Aeromonas hydrophile Var.24B". Cependant, ce microorganisme est sensible vis-à-vis des colorants contenant les groupements COOH [12-13].

Des travaux récents menés sur l'élimination de colorants industriels rouges, bleus et jaunes (structure et poids moléculaire inconnues) par biodégradation sur boue activée, ont permis de montrer que l'élimination de ces substrats, par le procédé biologique, est insignifiante devant celle de POAs .

I.7.3.l'adsorption par charbon actif :

Cette méthode est employée pour la fixation des matières organiques biodégradables ou non et d'obtenir un effluent parfaitement décoloré.

II. généralités sur l'adsorption

II .1.Définition :

L'adsorption est un phénomène dans lequel les molécules d'un soluté se fixent à la surface du solide. C'est un phénomène de surface qu'il faut distinguer qui, lui est un phénomène de volume [14]. autrement dit, c'est un processus de transfert de matière, d'une phase liquide, ou gaz vers un solide. En général, l'adsorption se rapporte toujours à l'étude des interfaces gaz-liquide ou liquide-gaz, qui sont les plus répandus, elle est liée à la structure du solide à savoir sa porosité.

II .2. Les facteurs influençant l'adsorption:

De nombreux facteurs peuvent influencer le phénomène d'adsorption ce qui rendent leur étude beaucoup plus difficile à interpréter. Ces paramètres sont :

- La concentration du soluté.
- La vitesse d'adsorption.
- La nature de l'adsorbant, et de l'adsorbat.
- La température.

II .3.Différents types d'adsorption:

Les forces agissant à la surface d'un solide qu'il soit catalyseur ou pas, proviennent d'une instauration. Quand un solide est exposé à un gaz, la concentration de ce gaz à la surface du solide est très supérieure à celle en phase gazeuse [15]. Cette concentration très importante des molécules de gaz est appelée l'adsorption, selon la force de cette adsorption et la nature des liants qui unissent les molécules adsorbées au solide [16]. Il est possible de distinguer deux types d'adsorption :

- Adsorption chimique (ou chimie sorption).
- Adsorption physique (ou physisorption).

II .3.1. Adsorption chimique:

L'adsorption chimique ou chimisorption est un processus qui conduit à la formation entre la surface du solide et la molécule adsorbé de liaisons covalentes ou électrovalentes du même type que celles qui lient entre eux les atomes d'une molécule [17]. Cette adsorption chimique se caractérise par une énergie importante.

II .3.2. Adsorption physique :

Elle est caractérisée par une faible énergie et elle correspond aux liaisons de nature électrostatique de type Van Der Waal.

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

II .4. Modèles d'adsorption:

Les modèles d'adsorption classiques peuvent être appliquées dans le cas des phénomènes d'échange, si les sites d'échanges sont assimilés à des sites d'adsorption et cela, lorsque la répartition de ces sites est régulière, et proportionnelle à la surface spécifique du matériel solide. L'utilisation de ces modèles est reportée dans de nombreux ouvrages de la littérature dans des études se rapportant au phénomène, qui régissent les interactions entre les solides et les espèces chimiques.

Plusieurs modèles mathématiques peuvent être utilisés pour décrire les isothermes d'adsorption en solution aqueuse, mais seuls les modèles de Langmuir et de Freundlich sont fréquemment appliqués.

Une isotherme d'adsorption permet d'évaluer la répartition d'un polluant entre deux phases, à l'équilibre et à la température donnée. La notion d'isotherme à été utilisée pour décrire l'adsorption du gaz sur des solides poreux. Elle à été ensuite étendue rapidement à l'adsorption de soluté en phase aqueuse.

Une courbe isotherme d'adsorption est définie par le trace de la quantité adsorbée par unité de masse du solide q_e (mg/g) en fonction de la concentration d'adsorbant en équilibre C_e (mg/l) dans la solution et à la température constante.

La quantité adsorbée par unité de masse du solide à l'équilibre est déterminée par la relation :

$$q_e = x/m = (C_i - C_e) \cdot V/m \quad (1)$$

m : masse du solide(g).

C_i : Concentration initiale du soluté en (mg/l).

C_e : Concentration résiduelle du soluté à l'équilibre dans la solution (mg/l).

V : Volume de la solution (l).

II .4.1. Modèle de Langmuir :

C'est le modèle le plus utilisé, il repose sur les hypothèses suivantes :

- On admet que seule une couche mono moléculaire se forme sur le solide.

- L'adsorption s'effectue sur des sites bien définis uniformément distribués sur la surface du solide.
- Tous les sites sont thermodynamiquement équivalents et il n'y a pas d'interaction entre les particules adsorbées. Ce modèle à deux paramètres a la forme suivante :

$$q_e = \frac{Q_{max} \cdot b \cdot C_{eq}}{1 + b \cdot C_{eq}} \quad (2)$$

Où :

C_{eq} : est la concentration à l'équilibre de l'adsorbat (mg/L).

q_e : la quantité de substance adsorbée par unité de masse de l'adsorption (mg/g).

b : la constante correspondant à l'énergie d'adsorption (L/mg).

Q_{max} : la capacité maximale d'adsorption (mg/g).

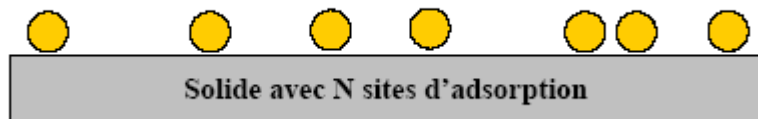


Figure 1: Modèle d'adsorption en monocouche [1].

La représentation graphique de C_{eq}/q_e en fonction de C_{eq} est donc une droite d'ordonnée à l'origine $1/k_L b$, et de coefficient angulaire $1/b$. b est la quantité maximale d'adsorption qui peut être fixée, cela correspond à une occupation totale des sites d'adsorption. La constante de Langmuir K_L , qui dépend de la température, donne une indication sur l'affinité de l'adsorbat pour l'adsorbant : plus elle est élevée, plus l'affinité est forte.

II.4.2. Modèle de Freundlich:

Le modèle de Freundlich est un modèle semi empirique qui permet de modéliser des isothermes d'adsorption sur des surfaces hétérogènes (dont les sites d'adsorption ne sont pas tous équivalents). Ce modèle est uniquement utilisable dans le domaine de faibles concentrations car il n'a pas de limite supérieure pour les fortes concentrations ce qui est contradictoire avec l'expérience. L'expression mathématique associée à ce modèle est donnée par l'équation (3).

La constante K_F est égal à la valeur de q_e lorsque la concentration à l'équilibre est égale à 1. Le modèle de Freundlich implique que la distribution d'énergie pour les sites d'adsorption est exponentielle [18]. Ce modèle ne suppose pas que lorsque la concentration

augmente, le recouvrement de surface approche une valeur limite correspondant à une monocouche complète. Il est utilisé dans les eaux de rejet.

La représentation de $\log q_e$ en fonction de $\log C_{eq}$ est une droite de pente $1/n$ et d'ordonnée à l'origine $\log K_F$.

K_F et n sont des constantes qu'il faut déterminer pour chaque couple adsorbant/adsorbat à chaque température.

$$q_e = k_F C_{eq}^{1/n} \quad (3)$$

Où :

q_e : quantité de substance adsorbée par unité de masse de l'adsorption.

C_{eq} : concentration à l'équilibre de la substance dissoute dans la solution.

K_F : constante de Freundlich correspondante à l'énergie d'adsorption.

n : constantes, a une valeur supérieure à 1, en général compris entre 2 et 10.

La représentation de $\log (q_e)$ en fonction de $\log (C_{eq})$ est une droite de pente $1/n$ et d'ordonnée à l'origine $\log (k_F)$.

II .5.Modèles cinétiques:

Pour examiner le mécanisme du processus d'adsorption des solutés tel que la vitesse d'adsorption et la diffusion intra particulaire, des modèles cinétiques sont utilisés pour l'analyse des résultats expérimentaux.

II .5.1 Modèle cinétique du premier ordre:

Le modèle cinétique du pseudo premier ordre peut être exprimé par l'équation suivante (4) :

$$\frac{dq}{dt} = k_1 (q_e - q_t) \quad (4)$$

Après intégration de l'équation entre les instants 0 et t on obtient :

$$\log (q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k}{2.303} t \quad (5)$$

Avec :

k_1 : Constante de vitesse du pseudo premier ordre (heure⁻¹).

t : Temps de contact (heure).

q_e : Capacité d'adsorption (mg/g) du matériau en mono couche (équilibre expérimental).

q_t : Quantité adsorbée (mg/g) du soluté par unité de masse de l'adsorbant au temps t .

Le tracé $\log (q_e - q_t)$ en fonction du temps t donne une droite linéaire de pente $-k_1/2,303$ et l'ordonnée à l'origine $\log q_e$, nous permet de déduire q_e .

II .5.2. Modèle cinétique du second ordre :

Ce modèle peut être exprimé par équation de la forme suivante [19]:

$$\frac{dq}{dt} = k_2 (q_{e2} - q_t)^2 \quad (6)$$

Après l'intégration suivie de la linéarisation, l'équation devient sous la forme suivante :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_{e2}^2} + \frac{1}{q_{e2}} t \quad (7)$$

Avec :

q_e et q_t : représentent les quantités adsorbées (mg/g) du soluté par unité de masse de l'adsorbant respectivement à l'équilibre et au temps t .

t : temps de contact (min).

k_2 : constante de vitesse d'adsorption du pseudo deuxième ordre. (g/mg⁻¹min⁻¹).

Le tracé de t/q_t en fonction du temps t donnera une droite de pente égale à $1/q_{e2}$ et d'ordonnée à l'origine égale à $1/k_2 q_{e2}^2$. Ces valeurs obtenues permettent la détermination de la constante de vitesse apparente K_2 et la capacité d'adsorption du matériau à la saturation (q_{e2}). k_2 et q_{e2} sont déduits de la droite $\frac{t}{q_t} = f(t)$.

II .6. Etude des paramètres thermodynamiques :

Les paramètres thermodynamiques mettant en évidence l'influence de la température, sont déterminés à partir des relations entre eux et le coefficient de distribution K_d .

La relation thermodynamique : $\Delta G^0 = \Delta H^0 - T\Delta S^0$ associée à la relation obtenue par intégration de l'équation de Van't Hoff.

$$\Delta G^0 = -RT \ln K_d \quad (8)$$

Nous permettons de déterminer les paramètres thermodynamiques à partir de l'équation

$$\text{Ln } K_d = \Delta S^0 / R - \Delta H^0 / RT \quad (9)$$

Le tracé des droites $\text{Ln } K_d = f(1/T)$ permettent de calculer les valeurs des paramètres thermodynamiques ΔS^0 et ΔH^0 à partir de l'ordonnée et de la pente.

L'évolution des paramètres cités ci-dessus nous indique si le phénomène est exothermique ou endothermique.

III. Spectrophotométrie :**III.1. Définition :**

La spectrophotométrie est une méthode d'analyse quantitative qui consiste à mesurer l'absorbance ou densité optique d'une substance chimique donnée en solution [20]. Plus cette espèce est concentrée plus elle absorbe la lumière dans les limites de proportionnalité énoncée par la loi de Beer_lambert.

La densité optique des solutions est déterminée par un spectrophotomètre préalablement étalonné sur la longueur d'onde d'absorption de l'espèce chimique à étudier.

III.2. Le spectrophotomètre :

Un spectrophotomètre mesure l'absorbance d'une solution à une longueur d'onde donnée [21] Le spectrophotomètre est constitué de :

- Sources de lumières visible.
- Un monochromateur permettant de générer à partir d'une source, de la lumière visible.

Il est formé d'un réseau qui disperse la lumière blanche.

- Une cuve contenant la solution étudiée, la longueur de la cuve est définie (1,2,4 ou 5cm du trajet optique). La condition principale de la cuve est transparente aux radiations d'étude en plastique ou en quartz.

- Une cellule photoélectrique qui fournit un courant électrique proportionnel au nombre de photons qu'elle reçoit.

- Un détecteur ou récepteur physique pour mesurer le flux incident.

- Un appareil de mesure ou enregistreur qui reçoit, directement ou par l'intermédiaire d'un amplificateur, le courant est délivré par le récepteur.

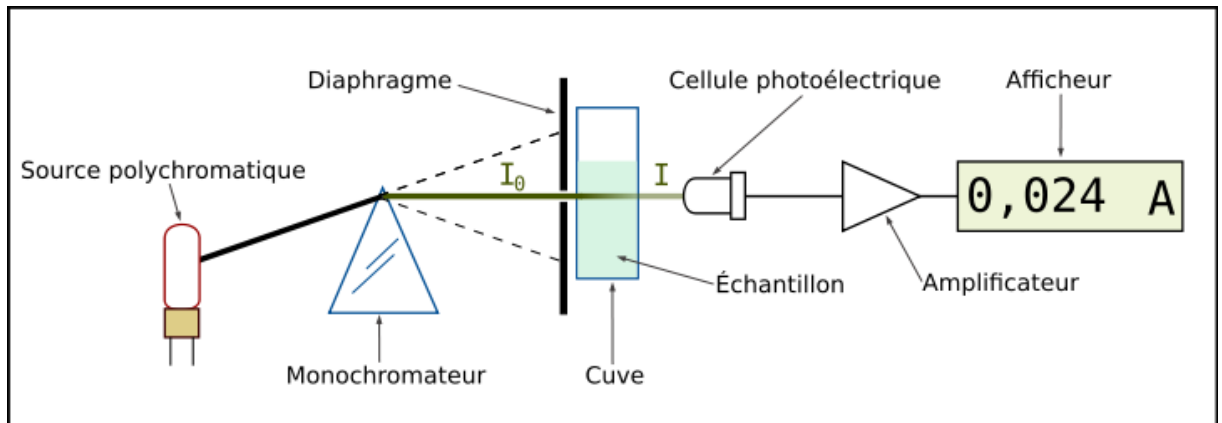
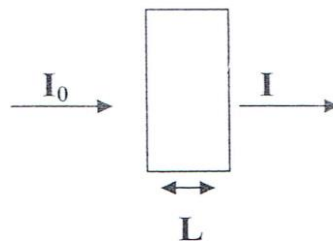


Figure : Schéma d'un trajet lumineux à travers une cuve d'un spectrophotomètre.

III.3. Les principes de la loi de Beer-Lambert :



Lorsqu'une d'intensité I_0 passe à travers une solution, une partie de celle-ci est absorbée par le(s) soluté(s) [22]. L'intensité I de la lumière transmise est donc inférieure à I_0 . On définit l'absorbance A de la solution comme :

$$A = \text{Log}_{10} (I_0 / I)$$

On parle aussi de transmittance définie par la relation :

$$T = I_0 / I$$

C'est-à-dire que

$$A = -\text{Log } T$$

L'absorbance est une valeur positive, sans unité. Elle est d'autant plus grande que l'intensité transmise est faible. La relation de Beer-Lambert décrit que, à une longueur d'onde λ donnée, l'absorbance d'une solution est proportionnelle à la concentration des espèces de la longueur du trajet optique (distance sur laquelle la lumière traverse la solution).

Ainsi, pour une solution limpide contenant une espèce absorbante :

$$A_\lambda = \epsilon_\lambda \cdot L \cdot C$$

Avec :

- **A** est l'absorbance ou la densité optique de la solution pour une longueur d'onde λ .
- **C** (en mol/L) est la concentration de l'espèce absorbante.
- **L** (en cm) est la longueur du trajet optique.
- ϵ_{λ} (en L/mol.cm) est le coefficient d'extinction molaire de l'espèce absorbante en solution. Il rend compte de la capacité de cette espèce à absorber la lumière, à la longueur d'onde λ .

III.4. Les avantages de l'analyse spectrophotométrique:

Cette méthode d'analyse est très intéressante car elle permet de travailler sur de faibles quantités de substance, et elle n'est pas destructrice vis-à-vis de l'échantillon.

Elle reste toujours l'une des meilleures méthodes de mesure.

IV.1. Les adsorbants industriels :

Les premiers adsorbants utilisés il y a plusieurs siècles sont les argiles et les terres décolorantes ; puis à la fin du XIX siècle furent développés les charbons actifs.

Durant la première guerre mondiale, les gels de silice sont apparus, puis dans les années 1939-1940, les alumines activées. En 1945, sont reconnus les propriétés d'adsorption exceptionnelles des zéolites naturelles et en 1950 les premières zéolites synthétiques ouvrent la voie au fantastique développement des tamis moléculaires comme catalyseurs et adsorbants.

Tableau IV.1. Différents adsorbants et leurs usages.

Adsorbants	Usages principaux
Terres décolorantes naturelles et activées.	Décoloration des huiles minérales, végétales, des huiles et graisses animales et des cires.
Noir animal (os).	Raffinage des sucres.
Charbons actifs *Charbons décolorants *Charbons adsorbants *Charbons médicaux	*Décoloration et raffinage des sucres, purification des produits alimentaires et pharmaceutiques, purification de l'eau, récupération de métaux précieux. *Récupération des solvants, désodorisation, purification des gaz industriels, élimination des bactéries et des substances toxiques. *Élimination des bactéries et des substances toxiques, addition aux aliments pour le bétail
Alumine activée	Déshydratation de l'air, des gaz et des liquides, catalyse.
Bauxite activée	Traitement par percolation de pétrolatum, déshydratation des gaz.
Gel de silice	Déshydratation et purification de l'air, fractionnement des hydrocarbures.

Tamis moléculaires	Déshydratation de l'air, des gaz et des liquides, fractionnement des gaz et des hydrocarbures.
Echangeurs d'ions	Traitement des eaux, décentrage du sucre.
Magnésie	Traitement des essences, régénération des solvants pour nettoyage à sec.

IV.2.Charbon actif :

Le mot «charbon» est un terme générique qui désigne un mélange riche en carbone. C'est une substance compacte ou poreuse dont la couleur peut aller du brun au noir, constituée en général de carbone (83 – 98 %), d'oxygène (0.2 – 10 %) et en quantités moins significatives d'hydrogène, d'azote et de soufre. Il peut se former soit par la décomposition de résidus végétaux (charbon naturel), soit par l'action de la chaleur sur des substances organiques (charbon artificiel).

IV.2.1. Définition :

L'expression «charbon actif» désigne tout matériau carboné d'origine animale ou végétale ayant subi des traitements spéciaux (carbonisation, activation) dans le but de lui faire acquérir la propriété d'adsorber des gaz, des vapeurs, des liquides ou des solutés. C'est l'extrême finesse de ses pores et le grand développement de sa surface interne, pouvant atteindre 2000 – 4000 m²/g qui lui confèrent cette propriété.

IV .2 .2 .Structure poreuse d'un charbon actif :

La structure poreuse est en générale caractérisée par deux principaux paramètres : la porosité et la surface spécifique qui dépend directement du volume poreux. Que ce soit pour le charbon actif en grain ou poudre, la structure poreuse est hétérogène, elle comprend des : micropores, des mésopores et des macropores selon le tableau suivant :

Tableau IV.2: Répartition des pores d'un adsorbant (DUBININ)

Désignation	Rayon moyen des pores (nm)	Volume poreux (cm ³ .g ⁻¹)	Surface spécifique (m ² .g ⁻¹)
Micropores	< 2	0,2-0,6	400-900
Mésopores	2-50	0,02-0,1	20-70
Macropores	> 50	0,2-0,8	0,5-2

IV.3 .Défférents types de charbon actif :

Selon leurs applications, les charbons actifs sont souvent disponibles soit en poudre (CAP), soit en grains (CAG).

IV.3.1. Charbon actif en poudre (CAP) :

Le charbon actif en poudre ou CAP prend la forme de grains, 95-100 % de ces particules traverseront un tamis de maille donnée. Par exemple la norme ASTM D5158 classe les particules de diamètre inférieur ou égal à 0,177 mm comme CAP.



Figure 3 : CA en poudre

IV.3.2. Charbon actif granulé (CAG):

Les caractéristiques physiques du charbon actif granulé varient considérablement selon les produits. Il peut être soit en forme granulée soit extrudée, il est représenté par des tailles telles que 8x20, 20x40, ou 8x30 pour des applications en phase liquide et par 4x6, 4x8 ou 4x10 pour des applications en phase vapeur.



Figure 4: CA en Grain

Le tableau suivant résume les avantages et inconvénients des deux types de charbon actif [23].

Tableau IV.3 : Avantages et inconvénients des deux types de charbon actif

En grain		En poudre	
Avantages	Inconvénients	Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> - Peut être utilisé en lit fixe. - Utilisé surtout pour l'élimination des micropolluants résistant aux traitements physico-chimiques. - Sa régénération est possible, ce qui est intéressant du point de vue économique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cinétique d'adsorption est lente de certains produits. 	<ul style="list-style-type: none"> - Cinétique d'adsorption est lente de certains produits. - Prix plus intéressant que le charbon en grain. - Il favorise la floculation, la décantation. - Possibilité de surdosage en cas de pollution accidentelle. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sa régénération est impossible lorsqu'il est mélangé avec des hydroxydes.

IV.4. Principales voies de fabrication de charbon actif :

IV.4.1. Activation physique :

L'activation physique ou la gazéification partielle du carbonisât se fait avec des gaz oxydants tels que la vapeur d'eau ou le dioxyde de carbone à haute température (750-1000 °C). Le niveau de température joue un rôle important dans le processus d'activation. En effet, à basse température, la cinétique d'oxydation est faible et l'activation conduit à une distribution de la taille de pores homogènes dans tout le volume du matériau. Quand la température augmente, la vitesse de réaction croît plus rapidement que la diffusion du gaz oxydant. Le procédé est donc limité par le transport du gaz oxydant au sein du matériau, ce qui conduit à une perte d'homogénéité de la porosité.

IV.4.2. Activation chimique:

L'activation chimique est un procédé alternatif qui met en jeu un agent chimique tel que un acide, une base ou un sel (exemple : H_3PO_4 , KOH ou $ZnCl_2$) favorisant l'oxydation et/ou déshydratation, puis une réorganisation structurale à des températures entre 400 °C et 800 °C à l'abri de l'air. Le précurseur est imprégné avec H_3PO_4 afin d'améliorer le développement

d'une structure poreuse à la suite d'un traitement thermique. L'activation par l'acide phosphorique a donné de meilleurs résultats pour l'obtention de grandes surfaces en comparaison avec l'activation physique pour certains précurseurs.

Un inconvénient de l'activation chimique est l'incorporation d'impuretés dans le charbon lors de l'imprégnation, ce qui peut affecter les propriétés chimiques. Le réactif chimique peut être récupéré par lavage du charbon actif produit, l'utilisation de l'acide phosphorique produit un charbon de micropores plus larges.

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, de la nature de l'activant, des conditions de réaction et de la température pendant cette étape.

IV.5. Influence des caractéristiques physiques du charbon actif sur l'adsorption:

Dans le cas des charbons actifs, l'adsorption en surface est très rapide. Si la vitesse de la phase fluide est suffisamment élevée, la vitesse globale d'adsorption est alors limitée par l'étape de diffusion interne (dans les pores et/ou de surface).

Ce phénomène permet d'expliquer l'influence de la taille des particules sur la dynamique de l'adsorption. Une modification de la granulométrie du charbon (par broyage par exemple) va augmenter la cinétique effective de l'adsorption : l'accès au cœur du charbon est plus rapide puisque le chemin à parcourir pour les molécules est plus faible. Le broyage n'a par contre pas affecté la surface spécifique du charbon : la capacité d'adsorption reste la même. La capacité d'adsorption dépend en partie de l'adéquation entre la dimension des pores et la dimension des molécules adsorbées.

Un charbon actif est un adsorbant généralement microporeux ; il sera plus efficace pour les molécules de dimensions inférieures aux micropores que pour des molécules organiques plus volumineuses [24].

IV.6. Noyau d'abricot :

La matière utilisée dans cette étude est le noyau d'abricot se réfère à la graine ou noyau d'un abricot. Il contient de l'amygdaline, un hétéroside toxique. Les amandes de certains abricots cultivés en Asie centrale et autour de la Méditerranée sont suffisamment peu amères pour remplacer les amandes. La liqueur Italienne amaretto et les biscuits amaretti sont aromatisés d'extraits de graines d'abricots et d'amandes. L'huile végétale obtenue des noyaux pressés était utilisée comme huile alimentaire.

L'**abricot** est le fruit d'un arbre généralement de petite taille appelé abricotier, de la famille des *Rosaceae*. Le nom scientifique de l'abricotier est *Prunus armeniaca* (prune d'Arménie). Il appartient au sous-genre des *Prunus*, section *Armeniaca* avec les quatre autres abricotiers du monde.

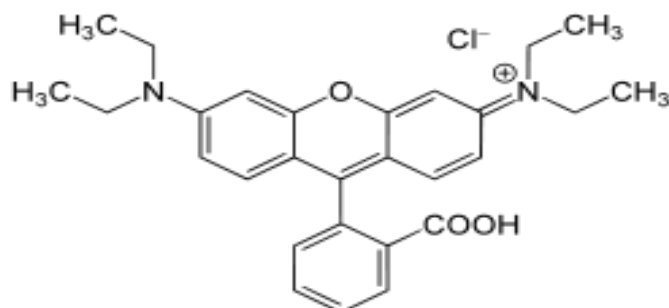


IV.6.1.Composition de noyau d'abricot :

Principaux composants		Minéraux et oligo-éléments	
Glucides	9,01g	Calcium	15,6mg
Sucres	8,02	Cuivre	0,066mg
Fibres alimentaires	1,7g	Fer	0,32mg
Protéines	0,9g	Iode	0,29mg
Lipides	0,207g	Magnésium	8,67mg
Saturés	0,019g	Manganèse	0,16mg
Eau	86,1g	Phosphore	16,6mg
		Potassium	237mg
		Sélénium	0,01mg
		Sodium	<2,2mg
		Zinc	0,139mg

V.1 .Colorant Rhodamine B:

Le colorant choisi est un colorant industriel, il s'agit de **Rhodamine B** dont la structure chimique est donnée ci-dessous. A l'état solide, il est sous forme de poudre fine et de couleur rose. Il appartient à la famille des colorants basiques solubles dans l'eau.

Structure chimique de la molécule du colorant **Rhodamine B (R.B)****Tableau V.1:** Propriété physico-chimique de la **Rhodamine B**

Propriétés chimique	Propriétés physique
Formule brute : C ₂₈ H ₃₁ ClN ₂ O ₃ [Isomères]	T° fusion : 210–211 °C décomposition
Masse molaire ¹ : 479,01 ± 0,028 g/mol	Solubilité : 50 g·l ⁻¹ à 20 °C dans l'eau
C 70,21 %, H 6,52 %, Cl 7,4 %, N 5,85 %, O 10,02 %,	

V.2.Etablissement la courbe d'étalonnage :

Les analyses des solutions de la **Rhodamine B** sont effectuées par spectrophotomètre UV-Visible (UV mini-1240). La longueur d'onde utilisée pour la **Rhodamine B** est de 553 nm, à cette valeur λ (max) nous avons établi la courbe d'étalonnage de la **Rhodamine B**, dans un domaine de concentration comprise entre 0 et 4(mg/l).

Tableau V.2: Variation de la densité optique en fonction de la concentration

C (mg/l)	0	1	2	3	4
Abs (u.a)	0	0,202	0,417	0,621	0,821

L'équation de la droite donnant l'absorbance A en fonction de la concentration de la **Rhodamine B** est : $C = \frac{A}{0,2061}$, avec un coefficient de régression $R^2 = 0,9999$ ce qui peut être considéré comme un bon ajustement linéaire. Cette équation est utilisée pour calculer la concentration d'une solution inconnue du **Rhodamine B**.

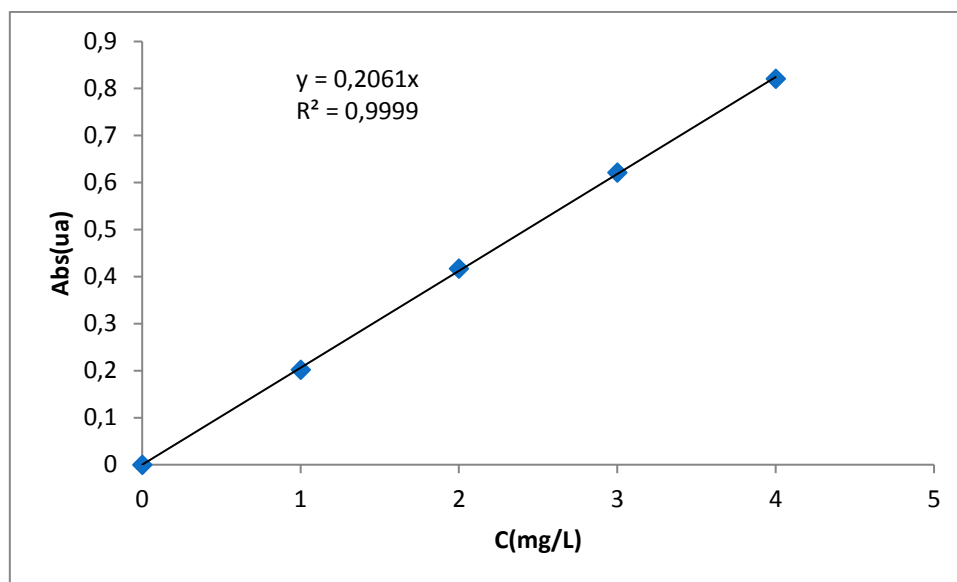


Figure V.1: Courbe d'étalonnage de la **Rhodamine B**

V.3 .Élimination de la Rhodamine B:

V.3.1.Effet du pH de la solution sur l'élimination du colorant Rhodamine B(RB) par noyau d'abricot (NAA) :

L'effet du pH a été étudié en utilisant un pH-mètre « HI2211pH ». Des échantillons de **NAA** de masses égales à 50 mg ont été mélangés avec des volumes 50 ml de solutions de **Rhodamine B** à 100 mg/ L dans des béchers de 250 ml. Le pH des solutions a été ajusté sur les valeurs suivantes : 3,00; 5,00; 7,00; 8,00; 10,00; 4,50 (pH naturel) en ajoutant soit quelques gouttes de solutions concentrées de HCl ou NaOH 0,1 M. Les mélanges ont été ensuite agités pendant 24heures à la température ambiante. Une fois le temps de contact épuisé, le matériau est séparé par centrifugation pendant 10 min à 2600 tr/mn. Les concentrations résiduelles du colorant ont été déterminées par spectrophotométrie UV-Visible à la longueur d'onde $\lambda = 553$ nm.

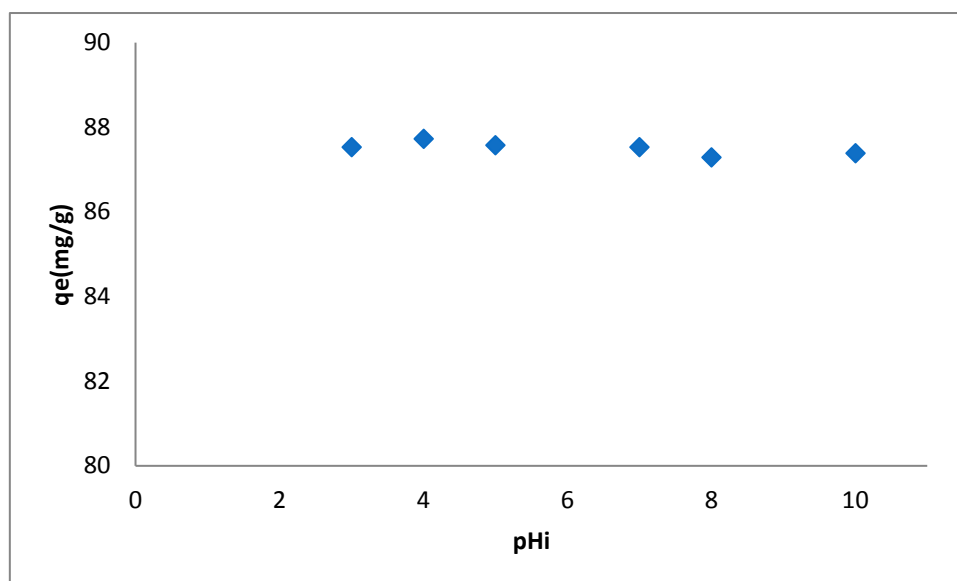


Figure V.3: Effet du pH sur l'élimination de **Rhodamine B** par **NAA**

Discussion:

L'examen de la **Figure V.3** permet de constater que le domaine de pH de 3 à 10 les quantités des colorants éliminées q_e par unité de masse de **NAA** sont constantes ce qui prouve que le pH de la solution n'influe pas sur l'élimination.

V.3.2. Etude cinétique de l'élimination du colorant Rhodamine B par le NAA :

Nous avons effectué une étude sommaire de la cinétique pour déterminer le temps de contact au bout duquel l'équilibre s'établit. A plusieurs aliquotes de 50 ml de solutions contenant une concentration initiale en **Rhodamine B** de 100 mg/l pour **NAA** à pH initial=4,5, on ajoute une masse de 50 mg de **NAA**. Les mélanges sont mis sous agitation magnétique pendant des durées variant de 15 à 480 minutes. Les suspensions sont séparées par centrifugation à 2600 tours/mn. Le filtrat contenant les concentrations restantes de la **Rhodamine B** est analysé à 553 nm par spectroscopie UV-Visible.

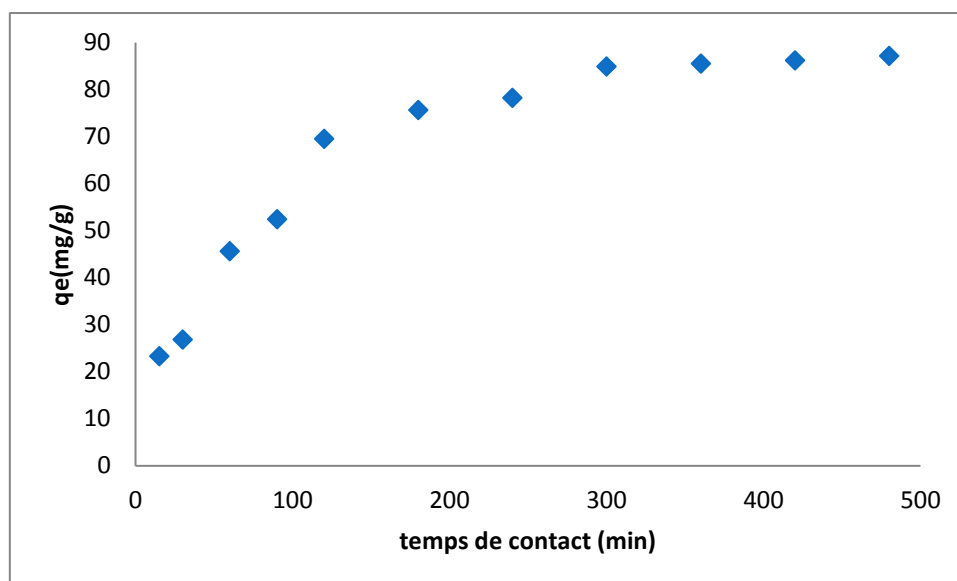


Figure V.4: Cinétique d'élimination de la **Rhodamine B** par **NAA**

Discussion:

On constate d'après la **Figure V.4** que la quantité éliminée du **Rhodamine B** par la **NAA** augmente avec le temps jusqu'à obtention d'un palier de saturation correspondant à un temps de 5 heures et que le q_e ne change plus.

V.3.2.1. Modèle cinétique du pseudo premier ordre :

L'exploitation des résultats de la **figure V.4** nous permet de conclure si la cinétique de l'élimination est du premier ordre. Le tracé de $\ln(q_e - q_t)$ en fonction du temps de contact t en utilisant l'équation $\ln(q_e - q_t) = -k_1 t + \ln q_e$ donne une droite linéaire de pente $-k_1$ et l'ordonnée à l'origine $\ln q_e$ nous permet de calculer les valeurs de la constante de vitesse k_1 et la capacité de sorption à l'équilibre q_e .

Les valeurs expérimentales et calculées des capacités de sorption à l'équilibre à partir du modèle cinétique du premier ordre (voir **tableau V.3**) ont de larges variations de valeurs, ce suggère que le modèle cinétique du premier ordre n'est pas applicable dans ce cas. Pour cela nous avons testé le modèle cinétique du deuxième ordre.

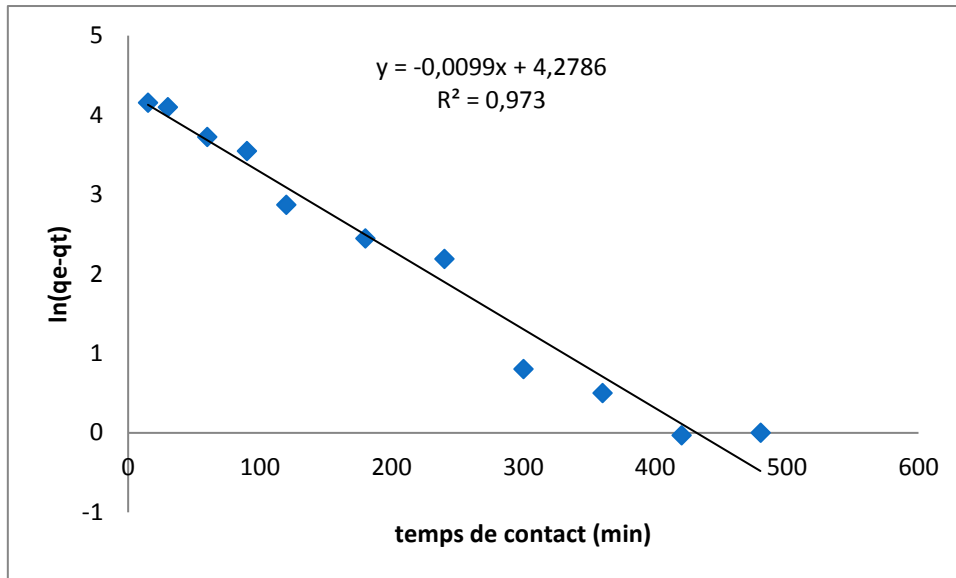


Figure V.5: Représentation graphique du modèle cinétique du premier ordre

V.3.2.1. Modèle cinétique du pseudo second ordre:

L'exploitation des résultats de la **figure V.4** ont permis de tracer les graphes $\frac{t}{qt}$ en fonction du temps t en utilisant l'équation $\frac{t}{qt} = \frac{t}{qt} + \frac{t}{(k_2 q_e^2)}$ donnera une droite linéaire de pente $\frac{1}{q_e}$ et l'ordonnée à l'origine $\frac{1}{(k_2 q_e^2)}$. Ces valeurs obtenues permettent de déterminer la constante de vitesse apparente k_2 et la capacité de sorption à l'équilibre q_e . Les valeurs calculées de k_2 et de q_e ainsi que les valeurs linéaires correspondantes aux coefficients de détermination R^2 et les résultats numériques sont regroupés dans le **tableau V.3**. Une bonne corrélation a été observée entre les données expérimentales et calculées, et le modèle cinétique du deuxième ordre dont les valeurs des coefficients et de détermination sont plus élevées que 0,99.

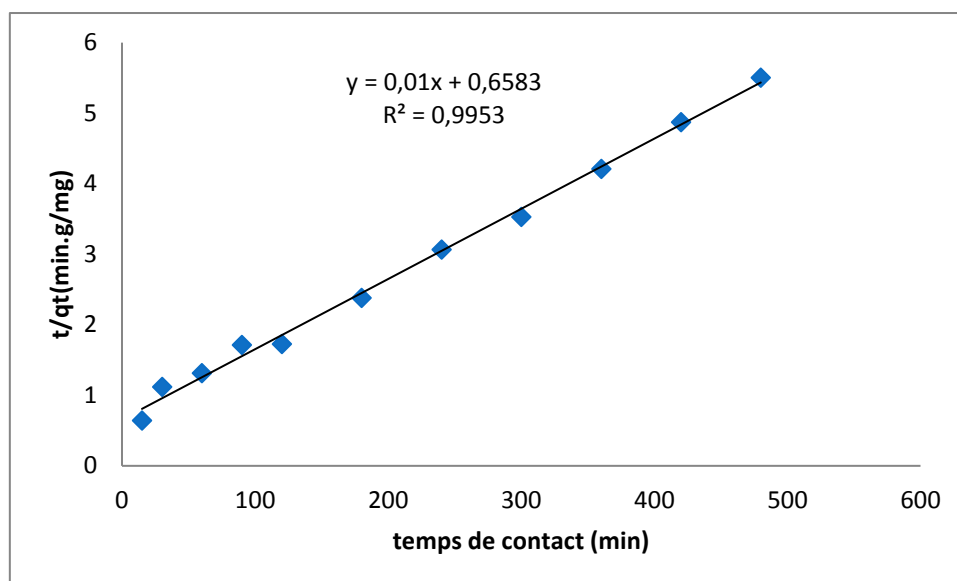


Figure V.6: Représentation graphique du modèle cinétique deuxième ordre

Tableau V.3: Paramètres cinétiques d'adsorption du **Rhodamine B** sur **NAA**

Matériau	Colorant	Cinétique du premier ordre			Cinétique du deuxième ordre			
		K_1 (mn^{-1})	q_e (mg/g)	R^2	q_e exp (mg/g)	q_e cal (mg/g)	K_2 (g/mg/mn)	R^2
NAA	Rhodamine B	0,0099	72,139	0,973	87,191	100	0,0001	0,9953

Discussion :

On comparant les coefficients de détermination des deux modèles cinétiques (premier et deuxième ordre), il apparaît après analyse de ces résultats **Tableau V.3** que l'élimination du colorant **Rhodamine B** est mieux décrite par le modèle du deuxième ordre avec un temps de contact optimum de 300 minutes pour une concentration initiale de colorant 100 mg/l.

V.3.3. Isothermes d'adsorption :

Les isothermes d'adsorptions ont été établies en utilisant une quantité de 50 mg de **NAA** dans 50 ml de solutions dont la concentration en **Rhodamine B** varie entre 20_180 mg/l à pH initial=4,5 pendant un temps de contact de 5 heures.

Les résultats obtenus nous permettent de tracer les isothermes d'adsorption qui sont finalement traitées selon les équations linéaires de Freundlich et Langmuir. Ils sont reportés dans les graphes des figures ci-dessous.

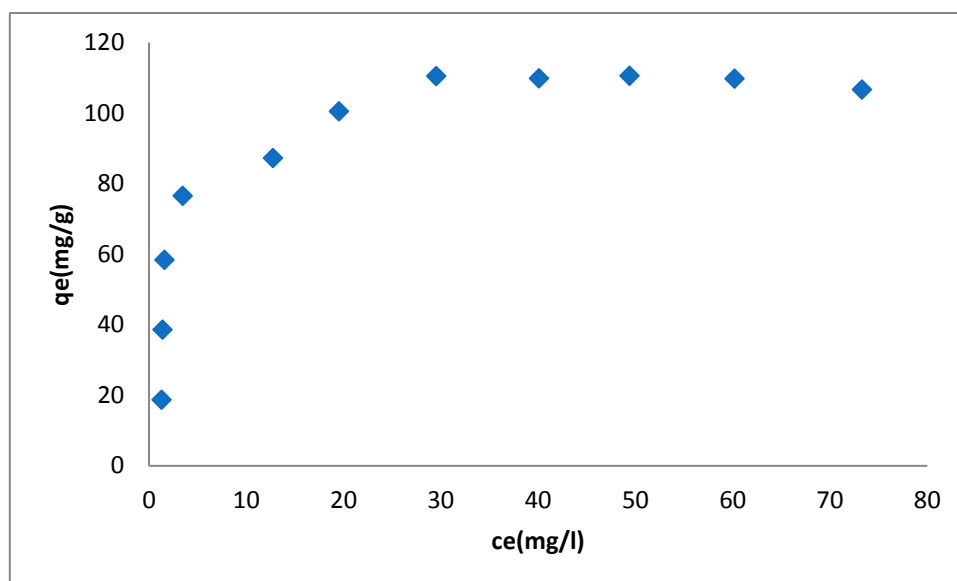


Figure V.7: Isothermes d'adsorption de la **Rhodamine B** par NAA

Discussion :

D'après la **Figure V.7** on constate qu'il y a augmentation de la **Rhodamine B** par gramme de NAA en fonction de la concentration d'équilibre jusqu'à un palier de saturation.

V.3.3.1. Modèle de Freundlich :

L'équation du modèle de Freundlich peut être donnée selon l'équation suivant :

$$\ln \frac{x}{m} = \frac{1}{n} \cdot \ln C_e + \ln K$$

Le tracé de la courbe $\ln(x/m) = f(\ln C_e)$ permet de déterminer les valeurs des constantes K et n de Freundlich.

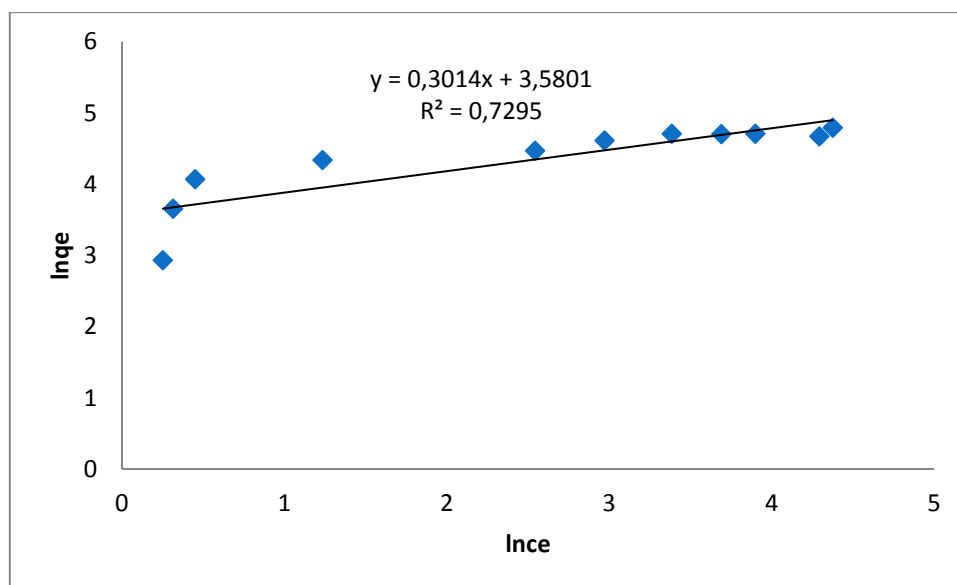


Figure V.8: Isotherme de Freundlich pour l'adsorption de la **Rhodamine B** par NAA

V.3.3.2. Modèle de Langmuir :

L'équation du modèle de Langmuir peut s'écrire sous la forme suivante :

$$\frac{Ce}{\left(\frac{x}{m}\right)} = \frac{1}{q_{max}.b} + \frac{Ce}{q_{max}}$$

Le tracé de la courbe $Ce/(x/m)=f(Ce)$ permet de déterminer les valeurs de q_{max} et b .

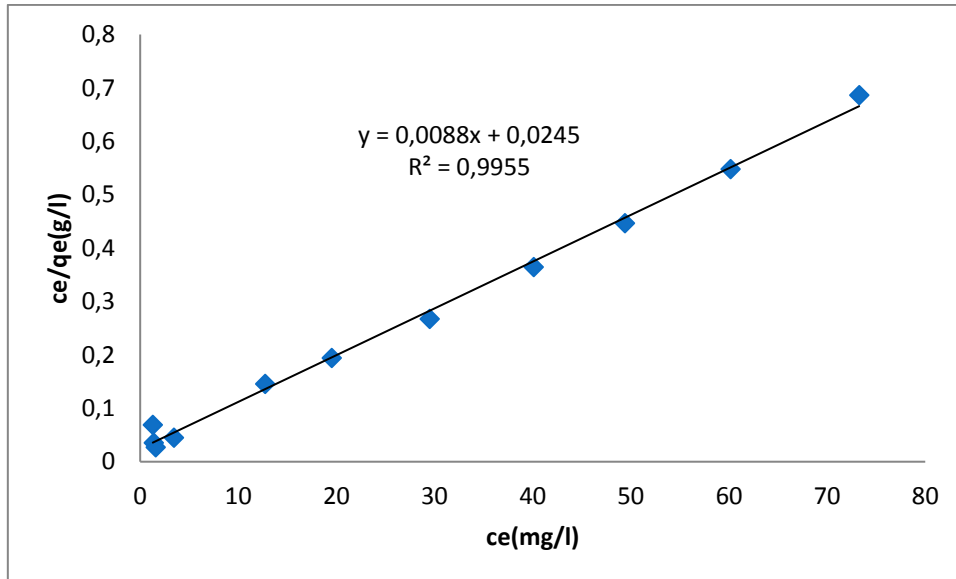


Figure V.9: Isotherme de Langmuir pour l'adsorption de la Rhodamine B par NAA

Tableau V.4: Les paramètres des isothermes d'adsorption de la Rhodamine B sur NAA

Modèle de Langmuir				Modèle de Freundlich			
R ²	b	Q _{max} (mg/g)	Pente	R ²	K _F	n	pente
0,9955	0,359	113,6	0,0088	0,7295	35,877	3,317	0,3014

V.3.4. L'étude de l'effet de la température :

L'effet de la température sur l'élimination de la **Rhodamine B** a été établi à trois températures différentes 25, 35 et 45 °C. Des flacons contenant 50 mg de **NAA** et 50 ml de solution de **Rhodamine B** à une concentration de 100 mg/l à pH initial=4,5 sont placés dans un bain-marie réglé successivement à 25, 35 et 45°C pendant 5h d'agitation. Une fois le temps épuisé les surnageants sont séparés par centrifugation et analysés.

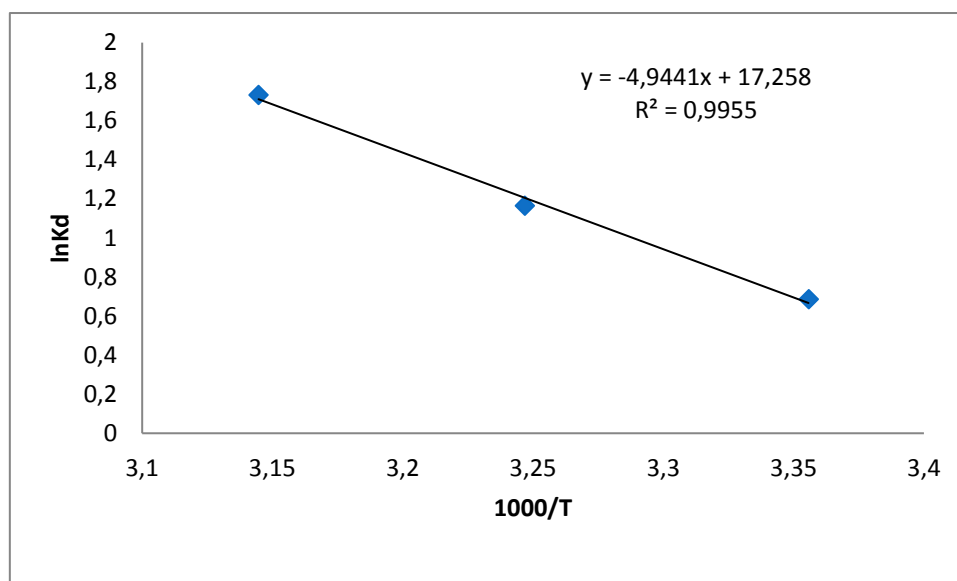


Figure V.10: Effet de la température sur l'élimination de la Rhodamine B par NAA

Discussion :

Le tracé de droite $\text{Ln}k_d = f(1000/T)$ permet de calculer les valeurs des paramètres thermodynamiques ΔS et ΔH à partir de l'ordonnée et de la pente.

L'évolution des paramètres cités ci-dessus nous indique si le phénomène est exothermique ou endothermique.

Tableau V.5 : Valeurs des paramètres thermodynamiques pour la sorption de Rhodamine B par NAA

ΔS (J/mol.k)	ΔH (KJ/mol)	ΔG (KJ/mol)		
		298K	308K	318K
143,483	41,105	-1,653	-3,088	-4,522

- La valeur positive de ΔH a montré que le processus est endothermique.
- ΔS peut être employé pour décrire l'aspect aléatoire à l'interface solide-solution pendant le phénomène d'adsorption.
- La valeur négative ΔG indique le processus d'élimination est spontané.

V.3.5. Régénération et réutilisation des matériaux

La matière NAA saturés en **Rhodamine B** a été préparée en utilisant de suspension de 500 mg de matière dans 500ml de solution à 100mg/l de **Rhodamine B**. Après 5 heures de temps de contact, les suspensions sont centrifugées et la concentration en **Rhodamine B** est déterminée par spectrophotométrie d'absorption atomique. La matière récupérée est séchée dans l'étuve à une température de 80 °C, Puis les solides sont remis en suspension dans 100

ml de solution d'éthanol. Les suspensions sont agitées pendant 60 min. après filtration et séchage à l'étuve, le matériau est réutilisé pour la sorption de **Rhodamine B** pour un cycle.

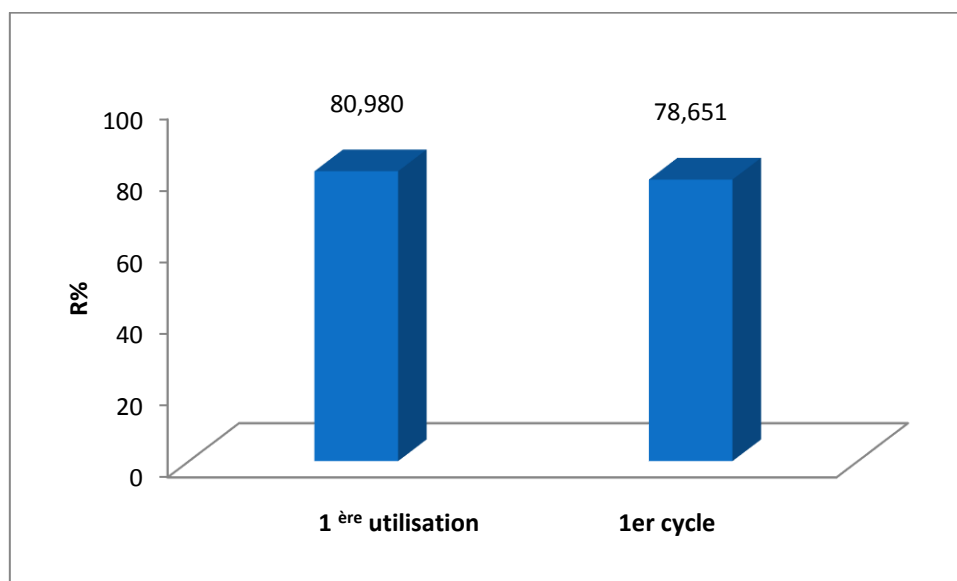


Figure V.11 : Comparaison du pourcentage d'élimination de **Rhodamine B** par **NAA** après première utilisation et un cycle de régénération.

Discussion :

L'élimination du **Rhodamine B** par **NAA** a donné un taux maximal égal à 80,98%. La réutilisation de ce matériau après régénérations avec l'éthanol nous a permis d'obtenir des taux d'élimination très appréciables.

Conclusion

L'évolution de l'humanité et du confort de la vie quotidienne des gens a multiplié de façon continue les sources de pollution et les quantités d'éléments polluants rejetés par l'homme dans la biosphère, et la diversité de ceux-ci sans cesse a augmenté.

Notre étude concernant l'élimination de **Rhodamine B** par **NAA** conduit à conclure que :

- Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption, ce paramètre n'a aucune influence sur la rétention du **Rhodamine B**, ce qui nous a permis de travailler à un pH initial de la solution
- Nous avons commencé par une étude cinétique du processus, le temps d'équilibre déterminé expérimentalement a été de **300** minutes un temps suffisant pour atteindre un rendement maximal d'élimination d'ion **Rhodamine B** par **NAA**.
- L'étude cinétique s'accorde parfaitement avec le modèle cinétique du deuxième ordre avec un excellent coefficient de corrélation R^2 proche de l'unité.
- Le tracé de l'isotherme d'adsorption est décrit par le modèle de Langmuir avec un Coefficient de détermination plus élevée que celle du modèle de Freundlich.
- La capacité d'adsorption maximale de **NAA** du **Rhodamine B** est de **113,636** mg/g.
- Les valeurs des paramètres thermodynamiques indiquent que le processus d'élimination est spontané $\Delta G^\circ < 0$, et endothermique avec un $\Delta H^\circ > 0$.
- Le matériau **NAA** peut être pleinement régénéré au moyen d'une solution d'éthanol et la réutilisation pour une fois du matériau régénéré ne conduit qu'à une perte mineure dans sa capacité d'élimination presque à l'issue du 1^{er} cycle.

En fin, d'après les résultats obtenus on peut s'assurer que notre matériau modifié est un bon support. Il présente plusieurs avantages :

- Matériau largement abondant dans la nature.
- Régénération rapide avec des taux d'élimination presque les mêmes.

Références bibliographie

- [1].Laroui. F, Haffaf. M, « Elimination d'un colorant et d'un métal lourd par la sciure de bois modifiée », mémoire d'ingénieur, université de Mostaganem, 2011.
- [2].Bernardo, E.C, Egashira, R, and Kawasaki, J. 1997. Decolorization of molasses wastewater using activated carbons prepared from cane bagasse. *Carbon*, 35, 9, 1217-1221.
- [3]. TERMOUL, M. « Préparation et caractérisation d'un charbon actif à partir de noyaux d'olive pour l'adsorption de substances organiques et inorganiques ». Thèse de doctorat, Département de Chimie, Faculté des Sciences et sciences de l'ingénieur, Algérie. (2009).
- [4]. GOUMIDI. F et HADRI. Z « pyrolyse d'une plante saharienne pour l'adsorption de corps organiques et métaux lourds», université de Mostaganem 2001.
- [5]. ABDELMALEK. F, « plasmachimie des solutions aqueuses. Application à la dégradation de composés toxiques », thèse de doctorat, université de Mostaganem, 2003.
- [6]. Khirani.S, «Procédés hybrides associant la filtration membranaire et l'adsorption/échange ionique pour le traitement des eaux usées en vue de leur réutilisation ». Thèse de doctorat, institut national des sciences appliquées de Toulouse ,2007.
- [7].Traneg U.K, Suiclan M.T., *water Res.* 23,267-273(1989).
- [8]. Beldjilali .M et Derbal. N, « Elimination du colorant vert benzyl F-2B par hydrotalcite à base de Mg-Al- et échangée au SDS », 2006.
- [9]. Barclay.S, Bulckley. C, « waste minimization guide for the textile industry, a step towards cleaner roduction, the pollution research group », University of Natal Durban, for the South African. Water Research Commission 2000.
- [10].T.KURBUS, Y. M. SLOKAR, A .M. LE MARECHAL, « the study of the effet of vanables on H₂O₂/UV. Decoloration of vinylsulphone dye: part II. *Dyes Pigments*», 2002, 54, 67-78.
- [11]. Boubberka.Z, « Elimination du colorant jaune supranole 4GL par la bentonite de Maghnia»,1998.
- [12].Kebiche. O, « Biodégradabilité, adsorbabilité et échange ionique de quelques colorants cationiques présents dans les effluents liquides de la teinturerie de l'unité convertex de Ain. Djasser ». Thèse de Magister Université Mentouri Canstantine 1996.

Références bibliographie

- [13]. Yatome C ; Ogawa T, Itosh K, Sugigma A. and Idaka E, J. SD. C, 103, 11, 395-398(1987).
- [14]. Talidi. A, «Etude de l'élimination du chrome et du bleu de méthylène en milieu aqueux par adsorption sur la pyrophyllite traitée ». Thèse de doctorat.
- [15]. Reungoat. J, Etude d'un procédé hybride couplant adsorption sur zéolithes et oxydation par l'ozone: Application au traitement d'effluents aqueux industriels ». Thèse de doctorat. Institut national des sciences appliquées de Toulouse. Université de Toulouse 2007.
- [16]. MaE. F. Ibanez, « Etude de la carbonisation et l'activation de précurseurs végétaux durs et mous », thèse de doctorat, l'université de Granada 2002.
- [17]. Djilali. Y, «synthèse de nouveaux matériaux cellulosiques-application au traitement d'effluents de l'industrie textile ». Mémoire de magister, Université de Mostaganem. 2009
- [18]. Rodke, C. J. and Prausnitz J. M. « Adsorption of organic Solutes from Dilute Aqueous solution on Activated Carbon». Industrial Engineering and chemistry Research; 11, 4455.
- [19]. Y. S. Ho, G. Mckay, pseudo-second order model for sorption processes, process Biochem. 34(1999)451-465.
- [20]. Laila .B, « Etude cinétique de l'adsorption du paracétamol », mémoire d'ingénieur, 2007.
- [21]. Vengris. T, Binkiene . R, Sveikauskaite . A, Nickel, "Copper, and Zinc removal from waste».
- [22]. Mekaoui .M, « Etude comparative de deux adsorbants de types hydrotalcites modifiées à l'élimination d'un colorant basique Cristal Violet », Mémoire d'ingénieur, 2009.
- [23]. Bousrih. M, « Analyse spectrale en chimie de master II », Mémoire de master II, 2014.
- [24]. Bestani. B, « Amélioration du pouvoir d'adsorption d'une plante Saharienne en vue de l'élimination de substances organiques et inorganique ». Thèse de Doctorat 2005.

Sommaire

Introduction générale	1
-----------------------------	---

Chapitre I : Les colorants

I.1. Généralités sur les colorants.....	2
I.2. Définition.....	2
I.3. Classification des colorants.....	2
I.3.1. Colorants solubles dans l'eau.....	2
➤ Les colorants acides ou anioniques.....	2
➤ Les colorants basiques ou cationiques.....	2
➤ Les colorants directs.....	2
I.3.2. Colorants insolubles dans l'eau.....	3
➤ Les colorants dispersés.....	3
➤ Les colorants de cuve.....	3
I.4. Utilisation des colorants.....	3
I.5. Toxicité des colorants.....	3
I.6. Méthode de traitement des rejets liquides.....	4
➤ Physique.....	5
➤ Chimique.....	5
➤ Biologique.....	5
I.7.Élimination des colorants.....	5
I.7.1. Traitement physico-chimique.....	5
I.7.2. Traitement biologique.....	5
I.7.3.L'adsorption par charbon actif.....	5

Chapitre II : Généralités sur L'adsorption

II .1. Définition.....	7
II .2. Les facteurs influençant l'adsorption.....	7
II .3. Différents types d'adsorption.....	7
II .3.1. Adsorption chimique.....	7
II .3.2. Adsorption physique.....	7
II .4. Modèles d'adsorption.....	8
II .4.1. Modèle de langmuir.....	8
II .4.2. Modèle de freundlich.....	9
II .5. Modèle cinétiques.....	10

Sommaire

II .5.1. Modèle cinétique du premier ordre.....	10
II .5.2. Modèle cinétique du deuxième ordre.....	11
II .6. Etude des paramètres thermodynamiques.....	11

Chapitre III: Spectrophotométrie UV –Visible

III.1.Définition.....	13
III.2.Le spectrophotomètre.....	13
III.3. Les principes de la loi de Beer-Lambert	14
III.4. Les avantages de l'analyse spectrophotométrique.....	15

Chapitre IV : Les adsorbants

IV.1.Les adsorbants industriels.....	16
IV.2.Charbon actif.....	17
IV.2.1.Définition.....	17
IV .2 .2 .Structure poreuse d'un charbon actif	17
IV. 3. Différentes types de charbon actif.....	18
IV.3.1. Charbon actif en poudre (CAP).....	18
IV.3.2. Charbon actif granulé (CAG).	18
IV.4. Principales voies de fabrication de charbon actif.....	19
IV.4.1. Activation physique.....	19
IV.4.2. Activation chimique.....	19
IV.5. Influence des caractéristiques physiques du charbon actif sur l'adsorption.....	20
IV.6.Noyau d'abricot	21
IV.6.1.Composition de noyau d'abricot.....	21

Chapitre V : Etudes expérimentale

V.1 .Colorant Rhodamine B.....	22
V.2.Etablissement la courbe d'étalonnage	22

Sommaire

V.3 .Élimination du Rhodamine B.....	23
V.3.1.Effet du pH de la solution sur l'élimination du colorant Rhodamine B(RB) par NAA.	23
V.3.2.Etude cinétique de l'élimination de colorant Rhodamine B par NAA.....	24
V.3.2.1.Modèle cinétique du premier ordre	25
V.3.2.1.Modèle cinétique du deuxième ordre	26
V.3.3. Isothermes d'adsorption	27
V.3.3.1. Modèle de Freundlich	28
V.3.3.2. Modèle de Langmuir	29
V.3.4. L'étude de l'effet de la température	30
V.3.5. Régénération et réutilisation du matériau.....	31
Conclusion.....	32