

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier en premier lieu le bon Dieu de nous avoir mis sur le bon chemin et de nous avoir éclairé la voie du savoir.

Nous présentons aussi nos sincères remerciements à nos parents qui ne cessent de nous porter leur soutien moral et matériel durant toute notre vie.

Ce mémoire n'aurait vu le jour sans la confiance, la patience et la générosité de nos parents que nous voulons vivement remercier.

Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements les plus reconnaissants à notre promotrice M^{me} BENAOUZ KHIERA l'intérêt qu'elle a porté à notre travail en nous orientant, conseillant à mieux faire.

Nous remercions vont aussi au chef de département de biologie M^M MOUNI.

Que a contribué à notre travail et à tous les enseignants de la spécialité science et gestion de l'environnement.

Nous exprimons notre profonde gratitude à M^{me} BOUTHELDJA .qui a bien voulu présider le jury, ainsi qu'à M^{me} RAHMOUNI .pour avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous remercions spécialement, M^{me} wahida l'ingénieure de labo et menseir Chadri

Nous remercions tous le personnel du département de biologie.

Nous remercions toute l'équipe du laboratoire de recherche.

Enfin, nous tenons également à remercier les personnes qui ont participé de près ou loins à la réalisation de ce travail.

*Karima
soumia*



DEDICACE

*Je dédie cet humble et modeste travail avec grand amour,
sincérité et fierté :*

*A mes chers parents, source de tendresse, de noblesse et
d'affection.*

*A mes sœurs Noussa , Hadjer , sara , Hind , et mon frères
sohaibe et à tous les membres de ma famille*

*A tous mes amis Karima , houda , mouna , zineb , missou ,
thiziri , siham , souhila et a tous ceux et celles qui me sont
chers*

Avec toute mon affection

Merci

Soumia

karima





DEDICACE

Je remercie tous d'abord ALLAH de m'avoir donné la santé, le courage, afin de rédiger ce travail.

Je dédie ce travail .

A ma mère qui a été a mes cotés tout sa vie et qui a fait preuve de beaucoup de patience et qui m'a donner beaucoup de tendresse et d'amour.

A ce celui qui m'a offre tous le soutient dont j'ai besoins et sans lui je ne serai arrivé à ce stade d'étude, a mon très cher père.

A mes très chers frères : abd el malak, abd el nour, abd el hadi avec son mari noura, et abd el hak avec son mari houda.

A mes très chères sœurs : zineb, et fayza avec son mari ali et bien sur leurs filles Rihab,doaa, hadil et ritaj.

A mon exemple éternel, mon soutien moral et le secret de mon sourire, mon cher époux mohamed amine et son famille.

A tous mes cousins, cousines, tantes, oncles, et toute la famille.

A mes très amies fatima,mouna, houda,sara, ouareda , imane et chérifa.

A soumia qui ont été merveilleuse par leur patience et surtout leur compréhension.

A tous ceux que j'amie, et qui m'aiment et dont je n'ai pas cité leurs noms.

karima



Table des matières

Liste des figures

Liste des tableaux

Liste des abréviations

Sommaire

Introduction 1

Partie théorique

Chapitre I : les eaux usées et colorant de textiles

I.1. Généralités sur les eaux usées..... 2

I.1.1. origine des eaux usées..... 2

a).les eaux usées urbaines 2

b).les eaux usées domestiques..... 2

c). les eaux usées agricoles..... 2

d).les eaux usées industrielles..... 3

I.1.2. les méthodes de traitement des eaux usées 3

I.1.2.1. les prétraitements 3

a). Dégrillage..... 3

b).Tamisage 3

c).Dessablage..... 3

d).Dégraissage..... 4

I.1.2.2. traitement primaire..... 4

a).Décantation..... 4

b). Flottation..... 4

c).Décantation associe à l'utilisation d'un coagulo _floculant 4

I.1.2.3Traitement secondaire 5

a).Lagunage naturel..... 5

b).les boues activées 5

c).les biofiltres et filtres bactériennes 5

I.1.2.4.Traitement tertiaire..... 5

I.2.Généralites sur les colorants de textile..... 6

I.2.1.Introduction..... 6

I.2.2. les propriétés des colorants..... 6

a).Cromophore.....	6
b).auxochrome.....	7
I.2.3.Origine des colorants.....	7
I.2.4. classification des colorants textiles.....	8
a). Chimique	8
b).Tinctoriale	8
I.2.5. Toxicité des colorants	9
I.2.6. Procédés de traitements des colorants.....	9
I.2.6.1. Méthode physico-chimique.....	9
I.2.6.2.Méthodes chimique	10
a).les procédés d'oxydation classique.....	10
b). Les procédés d'oxydation avancée.....	10
I.2.6.3. Méthodes physiques.....	10
a). Filtration sur membrane.....	10
b). Adsorption sur charbon actif.....	10
Chapitre II : Généralité sur l'adsorption	
II.1.prencipe d'adsorption	11
II.2.Type d'adsorption	11
II.2.1.Chimisorption.....	11
II.2.2. Physisorption.....	12
II.3.Le mécanisme d'adsorption dans colorant.....	12
II.4. facteur influencent l'adsorption.....	13
II.5.Isotherme d'adsorption.....	14
II.5.1.Modélisation des isothermes d'adsorption.....	15
II.6. La cinétique d'adsorption	18
II.6.1.Modele de la cinétique du pseudo premier ordre.....	18
II.6.1.Modele de la cinétique du pseudo seconde ordre.....	19
II.7.Les Principaux types d'adsorbants.....	19
Chapitre III : Charbon actif	
III.1.Généralité sur le charbon actif.....	21
III.2. Texture de charbon actif	21
III.3.Principale application.....	22
III.4.Les étapes des préparations.....	23

Partie pratique

Chapitre IV : matériels et méthodes

IV.1. Noyaux de dattes	24
IV.1 .1. Statistique	25
IV .1.2.La répartition par wilaya.....	25
IV.1.3.Caractirisation physico-chimique	26
a). le taux d'humidité.....	26
b). le taux des matières volatile.....	26
c). le taux de cendre.....	26
d).le taux de carbone fixe.....	27
VI.1.4.Préparation du charbon actif	27
IV.1.5.Capacitation physico-chimique.....	29
a). le taux d'humidité.....	29
b). le taux de matière volatile.....	29
c).le taux de cendre.....	29
d). le taux de carbone fixe.....	30
IV.1.6.Les issas de l'adsorption.....	30
IV.1.6.1.Le bleu de méthylène	30
IV.1.6.2.Préparation de solution synthétique du colorants BM.....	31
a) .Préparation des solutions filles.....	31
b) .Montage des issas de l'adsorption.....	31

Chapitre V : Les essais de l'adsorption

V.1.Introduction	33
V.2.Produit utilisés.....	33
V.3.Dispositif expérimental.....	33
V.4.Procédure expérimental.....	33
V.5.Méthode et appareil de dosage des colorants.....	34
V.5.1.La courbe d'étalonnage de bleu de méthylène	34
V .6.Résultats de l'adsorption.....	35
V.6.1.Influence de quelques paramètres sur la capacité d'adsorption.....	35
a).Effet du temps de contact.....	35
b).Effet de la concentration initiale de l'adsorbat.....	38
c).Effet de la masse de l'adsorbat.....	39

d).Effet de PH de la solution aqueuse.....	40
V.6.2.Validation des modèles cinétique.....	41
V.6.2.1.Modèle de pseudo-premier ordre	41
V.6.2.2.Modèle de pseudo-deuxième ordre	44
V.6.3.La modélisation des isothermes d'adsorption.....	46
V.6.3.1.Le modèle de Langmuir.....	47
V.6.3.2.Le modèle de Freundlich.....	47
Conclusion générale	50
Bibliographie	
Annexe	

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure1 :	Représentation schématique des effets des effluents de l'industrie textile sur l'environnement.....	9
Figure 2:	Etapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption.....	13
Figure3 :	Types des isothermes d'adsorption.....	15
Figure 4:	texture de charbon actif.....	22
Figure5 :	le datte et noyaux séparées.....	24
Figure 6 :	étape d'activation.....	28
Figure 7:	structure chimique de bleu de méthylène.....	31
Figure 8:	Courbe d'étalonnage de l'analyse par uv-visible.....	34
Figure 9:	Effet du temps de contact sur l'adsorption du bleu du méthylène sur CA1 ...	36
Figure 10:	Effet du temps de contact sur l'adsorption du bleu du méthylène sur CA2...	36
Figure 11:	Effet du temps de contact sur l'adsorption du bleu du méthylène sur précurseur.....	37
Figure 12 :	Effet de la concentration initiale de l'adsorbat sur la quantité adsorbé et le taux d'élimination. (Cas de CA1).....	38
Figure 13 :	Effet de la concentration initiale de l'adsorbat sur la quantité adsorbé et le taux d'élimination. (Cas de CA2).....	38
Figure 14 :	Effet de la concentration initiale de l'adsorbat sur la quantité adsorbé et le taux d'élimination. (Cas de Précurseur).....	38
Figure 15 :	Effet de la masse de l'adsorbant sur le taux d'élimination pour les trois adsorbants CA1, CA2 et Précurseur.....	40
Figure 16 :	Effet de pH de la solution sur le taux d'élimination pour les trois adsorbants CA1, CA2 et Précurseur.....	41
Figure 17 :	Cinétique d'adsorption du BM sur le charbon actif CA1 [pH=6.1± 0.1, T=25 ±5°C, CBM=100mg/l] : modèle de pseudo-premier ordre.....	42
Figure 18 :	Cinétique d'adsorption du BM sur le charbon actif CA2 [pH=6.1± 0.1, T=25 ±5°C, CBM=100mg/l] : modèle de pseudo-premier ordre.....	42
Figure 19 :	Cinétique d'adsorption du BM sur le Précurseur [pH=6.1± 0.1, T=25 ±5°C, CBM=100mg/l] : modèle de pseudo-premier ordre.....	43
Figure 20 :	Cinétique d'adsorption du BM sur le charbon actif CA1 [pH=6.1± 0.1, T=25 ±5°C, CBM=100mg/l] : modèle de pseudo-second ordre.....	44

Liste des figures

Figure 21 :	Cinétique d'adsorption du BM sur le charbon actif CA2 [pH=6.1± 0.1, T=25 ±5°C, CBM=100mg/l] : modèle de pseudo-second ordre.....	45
Figure 22 :	Cinétique d'adsorption du BM sur le Précurseur [pH=6.1± 0.1, T=25 ±5°C, CBM=100mg/l] : modèle de pseudo-second ordre.....	45
Figure 23 :	Application des modèles de Langmuir et Freundlich pour le système : BM-CA1.....	48
Figure 24 :	. Application des modèles de Langmuir et Freundlich pour le système : BM-CA.....	48
Figure 25:	Application des modèles de Langmuir et Freundlich pour le système : BM-Précurseur.....	49

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau 1 :	Les Principaux groupements chromophores et auxochromes, classés par intensité croissante.....	7
Tableau 2:	Les classifications des colorants textiles	8
Tableau 3 :	La répartition de dattes par wilaya.....	25
Tableau4 :	Les caractéristiques du précurseur.....	27
Tableau 5 :	les caractéristiques des charbons préparés.....	30
Tableau 6 :	Caractéristiques chimiques de bleu de méthylène.....	31
Tableau 7 :	Constantes de vitesse et quantités adsorbées à l'équilibre calculées à partir du modèle du pseudo premier ordre et celle déterminées expérimentalement pour les systèmes BM-CA1, BM-CA1 et BM-Précurseur respectivement.....	43
Tableau 8 :	Constantes de vitesse et quantités adsorbées à l'équilibre calculées à partir du modèle du pseudo second ordre et celle déterminées expérimentalement pour les systèmes BM-CA1, BM-CA1 et BM-Précurseur respectivement.....	46

Liste des abréviations

Abréviation :	Définition
ρ_{app} :	Masse volumique apparente
$\rho_{réel}$:	Masse volumique réelle
CA 1 :	Charbon actif 1
CA2 :	Charbon actif 2
PH :	Potentiel d'hydrogène
BM :	Bleu de Méthylène
DCO :	Demande Chimique en Oxygène
DBO :	Demande Biochimique en Oxygène
DNF :	Déplacement Nutritif Biologique
O ₂ :	Oxygène

Introduction générale

Certains rejets liquides industriels contiennent des polluants organiques et/ ou minéraux entraînant de fortes nuisances tant à la flore qu'à la faune aquatique. Les colorants synthétiques organiques sont des composés utilisés dans de nombreux secteurs industriels tels que le domaine automobile, la papeterie, et plus particulièrement le secteur du textile. Ces colorants sont évacués avec les effluents liquides qui sont la plupart du temps, directement rejetés vers les cours d'eaux sans traitement préalable.

Cependant, la décoloration des rejets de textiles a fait l'objet de très nombreuses études afin d'éliminer ou de récupérer ces composés. Toutefois, l'adsorption demeure la technique classique la plus préconisée en raison de sa simplicité, son efficacité, sa facilité de mise en œuvre et son faible coût.

Dans ce contexte, notre étude a porté sur l'élimination du colorant : le bleu de méthylène par adsorption sur les noyaux de dattes broyés et sur les charbons actifs préparés à partir de ce matériau. Les objectifs de notre travail s'articulent autour des points suivants :

- La caractérisation des noyaux de dattes broyées
- La préparation de deux charbons actifs à partir des noyaux des dattes (précurseur).
- L'étude de l'adsorption du bleu de méthylène sur les noyaux de dattes broyés et les deux charbons actifs préparés.

Notre mémoire est divisé en deux parties, une partie théorique et une partie pratique ; La partie théorique comporte trois chapitres, chapitre I : intitulé généralités sur l'eau usée et les colorants de textiles, chapitre II : adsorption, et le troisième chapitre sur le charbon actif.

La partie pratique comporte deux chapitres ; chapitre IV regroupe toute la procédure expérimentale et le matériel utilisé dans la préparation et la caractérisation du charbon actif et les essais sur l'adsorption, le cinquième chapitre comprend les résultats relatifs à l'étude de l'adsorption.

Partie théorique

CHAPITRE I

CHAPITRE I

LES EAUX USEES ET LES COLORANTS DE TIXTILES

I.1. Généralités sur les eaux usées

Les eaux usées sont des milieux extrêmes complexes, altérées par les activités anthropiques à la suite d'un usage domestique, industriel, artisanal, agricole ou autre. Elles sont considérées comme polluées et doivent être donc traitées avant toute réutilisation ou injection dans les milieux naturels récepteurs [1].

Une eau usée, appelée encore eau résiduaire ou effluent est une eau qui a subi une détérioration après usage. La pollution des eaux dans son sens le plus large est défini Comme « Tout changement défavorable des caractéristiques naturelles (biologiques ou Physico-chimiques) dont les causes sont directement ou indirectement en relation avec les activités humaines » [2].

I.1.1. Origine des eaux usées**a). Les eaux usées urbaines**

Les eaux usées urbaines comprennent les eaux usées domestiques et les eaux de ruissellement (eaux pluviales, eaux d'arrosage des voies publiques, eaux de lavage des caniveaux, des marches et des cours). Les eaux qui ruissellent sur les toitures, les cours, les jardins, les espaces verts, les voies publiques et les marches entraînent toutes sortes de déchets minéraux et organiques : de la terre, des limons, des boues, des silts, des sables, des déchets végétaux (herbes, pailles, feuilles, graines, etc.) et toutes sortes de micropolluants (hydrocarbures, pesticides venant des jardins, détergents utilisés pour le lavage des cours, des voies publiques, des automobiles, débris microscopique de caoutchouc venant de l'usure des pneumatiques des véhicules) [3].

b). Les eaux usées domestiques

Elles proviennent des différents usages domestiques de l'eau. Elles sont constituées essentiellement d'excréments humains, des eaux ménagères de vaisselle chargées de détergents, de graisses qu'on appelle eaux grises et de toilette chargées de matières organiques azotées, phosphatées et de germes fécaux appelées eaux noires [1].

c). Les eaux usées agricoles

Les eaux usées des établissements agricoles concernent toutes les eaux impropres à la consommation ayant fait l'objet d'une utilisation ou ayant subi une transformation, et qui proviennent directement de leurs activités. Il s'agit des eaux usées provenant d'établissements ou sont gardés ou élevés des animaux entraînant une charge polluante globale inférieure à un chiffre maximum fixe par le gouvernement et qui ne sont ni des jardins zoologiques, ni des ménageries permanentes [4].

d). Les eaux usées industrielles

Tous les rejets résultant d'une utilisation de l'eau autre que domestique sont qualifiés de rejet industriel. Cette définition concerne les rejets des usines, mais aussi les rejets d'activités artisanales ou commerciales : blanchisserie, restaurant, laboratoire d'analyses médicales [3].

I.1.2. Les méthodes de traitement des eaux usées

Les méthodes de traitement des eaux usées sont diverses et peuvent être classées en trois catégories : les traitements primaires, secondaires et tertiaires. On peut également tenter une classification physique et biologique qui revient grossièrement à distinguer d'un côté les traitements primaires et de l'autre les traitements secondaires et tertiaires.

I.1.2.1. Les prétraitements

les prétraitements ont pour objectif d'éliminer les éléments les plus grossiers, qui sont susceptibles de gêner les traitements ultérieurs et d'endommager les équipements. Il s'agit des déchets volumineux (dégrillage), des sables et graviers (dessablage) et des graisses (dégraissage _ déshuilage) [5].

a). Dégrillage

Au cours du dégrillage, les eaux usées passent au travers d'une grille dont les barreaux, plus ou moins espacés, retiennent les matières les plus volumineuses. Ces éléments sont ensuite éliminés avec les ordures ménagères [6].

b). Tamisage

Le tamisage, qui utilise des grilles dont l'espacement est plus réduit, peut compléter cette phase de prétraitement. Cependant, il génère beaucoup plus de déchets [7].

c). Dessablage

Le dessablage débarrasse les eaux usées des sables et des graviers par sédimentation. L'écoulement de l'eau à une vitesse réduite dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage. Ces particules sont ensuite aspirées par une pompe. Les sables récupérés sont essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés, selon la qualité du lavage [8].

d). Dégraissage, déshuilage

Le dégraissage vise à éliminer la présence de graisses les eaux usées, graissages qui peuvent gêner l'efficacité des traitements biologiques ultérieurs. Le dégraissage s'effectue par flottation. L'injection d'air au fond de l'ouvrage permet la remontée en surface des corps gras. Les graisses sont raclées à la surface, puis stockées avant d'être éliminées (mise en décharge ou incinération). Elles peuvent aussi faire l'objet d'un traitement biologique spécifique au sein de la station d'épuration. De nombreuses stations utilisent des dessabler-dégraisseurs combinés [8].

I.1.2.2. Traitement primaire

Le traitement s'effectue par voie physico-chimique et a pour but d'extraire le maximum de matières en suspension et de matières organiques facilement décantables. Trois voies de traitement sont possibles :

a). La décantation (processus physique) : le principe de séparation solide-liquide est la pesanteur, les matières en suspension ou colloïdales tendent à se séparer du liquide par sédimentation ;

b). La flottation (processus physique) : par opposition à la décantation, la flottation est un procédé de séparation solide-liquide ou liquide-liquide qui s'applique à des particules dont la masse volumique réelle ou apparente (flottation assistée) est inférieure à celle du liquide qui les contient ;

c). La décantation associée à l'utilisation d'un coagulant- flocculant (voie physicochimique) : le principe est ici de favoriser l'agrégation des molécules en suspension grâce aux techniques de coagulation et de floculation de façon à augmenter la sédimentation grâce à l'obtention de floccs plus gros.

Durant la phase de traitement primaire, une quantité importante de la pollution totale est éliminée (abattement des matières en suspension pouvant atteindre 90 % et de la demande biochimique en oxygène de l'ordre de 35 % [7]. La DCO et la concentration en azote peuvent également être réduits durant cette phase de traitement. Matières solides extraites représentent ce que l'on appelle les boues primaires [8].

I.1.2.3. Traitements biologiques : traitements secondaires

Ces traitements sont biologiques et permettent d'éliminer les polluants dissous. Pour cela on utilise des populations de micro-organismes capables de les consommer. Dans les cas étudiés, le principe général est de favoriser la croissance de communautés de bactéries aérobies, c'est-à-dire qui prélève l'O₂ pour leur métabolisme. On en distingue différents types :

a). Le lagunage naturel : Les eaux usées sont stockées dans des plans d'eau peu profonds : les lagunes. L'activité microbienne se fait naturellement : échange avec l'atmosphère, photosynthèse... Des aérateurs peuvent être utilisés pour brasser l'air et optimiser l'activité des bactéries. Ces processus induisent la formation de boues de lagunage au fond des bassins qui sont récupérées [9].

b). Les boues activées : On force ici le mélange du dioxygène, des eaux usées et des bactéries dans des bassins. Les espèces sont sélectionnées selon ce que l'on souhaite éliminer : carbone, azote, phosphore. Les bactéries et leurs déchets du métabolisme forment, dans un bassin appelé clarificateur, des boues (boues secondaires) qui sont ensuite traitées et utilisées pour la fertilisation des sols par exemple. Une partie de ces boues retourne dans les bassins pour éviter une trop grande perte en bactéries. [10] .

c). Les biofiltres et filtres bactériens : On peut également faire percoler l'eau à travers un matériau où se développent des bactéries. Cela peut être des galets ou des supports (lits bactériens) ou des argiles cuites, des schistes, des sables... (biofiltres). Ces traitements sont utilisés en plus du processus des boues activées, permettant d'éliminer une plus grande diversité de polluants. En effet, on va alors concentrer les bactéries et ainsi localiser leur action, la rendant plus efficace [1].

I.1.2.4. Nouveaux traitements : traitements tertiaires

Ces traitements sont à la fois physico-chimiques et biologiques. On les réalise après les traitements primaires et secondaires afin d'éliminer des éléments nutritifs résiduels, des polluants organiques résistants, des métaux, des pigments... Par exemple, on peut utiliser des traitements biologiques avancés pour éliminer le phosphore par le Déplacement Nutritif Biologique (DNF). On fait passer l'eau par différents réservoirs avec des bactéries et dans des conditions environnementales différentes (différence de concentration en dioxygène par exemple). On récupère ensuite les boues lors d'un nouveau passage dans un clarificateur [7].

I.2.Généralité sur les colorants de textiles

I.2.1-Introduction

Les colorants synthétiques organiques sont des composés utilisés dans de nombreux secteurs industriels tels que le domaine automobile, chimique, la papeterie et plus particulièrement le secteur de textile. L'affinité entre le textile et les colorants varie selon la structure chimique des colorants et le type des fibres sur lesquelles ils sont appliqués. Ces colorants sont évacués avec les effluents liquides qui sont la plupart du temps directement rejetés vers les cours d'eau sans traitement préalable. Ces rejets colorés posent un problème esthétique, mais également sanitaire car un grand nombre des colorants est toxique [11] comme tous les composés organiques dangereux.

La décoloration des rejets de textile a fait l'objet de très nombreuses études. Les procédés physico-chimiques tels que la coagulation-floculation, l'oxydation, l'adsorption et la filtration membranaire ont largement été étudiés et ont révélé une grande efficacité de décoloration des eaux [12]. En revanche, les procédés de traitement biologique sont très peu utilisés dans le traitement des eaux polluées par des colorants à cause de leur faible biodégradabilité. A l'échelle industrielle, on utilise le couplage physicochimie-biodégradation pour éliminer la pollution due aux colorants [13]. D'autres traitements physico-chimiques sont actuellement utilisés incluant la chloration, l'ozonation et l'osmose inverse. Toutes ces méthodes sont sensiblement différentes en termes d'élimination de la couleur, de fonctionnement et du cout financier [14,15]. L'élimination des colorants dans les solutions aqueuses par adsorption sur différents matériaux solides, en particulier sur le charbon actif, a fait l'objet de beaucoup de travaux [16 ,17].

I .2 .2. Les propriétés des colorants

Les propriétés colorantes des composés organiques dépendent de leur structure.la coloration est principalement due à la présence de groupes chimiques insaturés appelés chromophores. Certain radical chimique, les auxochromes, fixent avec efficacité le colorant souhaité sur le support. Finalement, pour qu'un composé soit un colorant, il est nécessaire que ses molécules possèdent des groupes chromophores et des auxochromes. Un composé est rouge s'il absorbe toutes les ondes électromagnétiques de la lumière a l'exception de celles qui correspondent à la couleur rouge.

a).Chromophores : ce sont des groupements chimiques insaturés covalents qui donnent lieu à une absorption dans le visible.

b). Auxochromes : ce sont des groupements saturés qui, lorsqu'ils sont liés à un chromophore, modifient la longueur d'onde λ_{\max} et l'intensité du maximum d'absorption [18].

Tableau 1 : Les Principaux groupements chromophores et auxochromes, classés par intensité croissante [19].

Groupements chromophores	Groupement auxochromes
Vinyl (-C=C-)	Amino (-NH ₂)
Azo (-N=N-)	Méthylamino(-NHCH ₃)
Nitroso(-NO ou -N-OH)	Diméthylamino(-N(CH ₃) ₂)
Carbonyl (=C=O)	Hydroxyl(-HO)
Sulphure(>C=S)	Alkoxy(-OR)
Nitro (-NO ₂ ou =NO-OH)	Groupements donneurs d'électrons

I.2.3. Origine des colorants

Tous les colorants sont issus de 5 matières premières fondamentales, benzène, toluène, xylène, naphthalène et anthracène, initialement toutes extraites de la houille [19].

Depuis le début de l'humanité, les colorants ont été appliqués dans pratiquement toutes les sphères de notre vie quotidienne pour la peinture et la teinture du papier, de la peau et des vêtements...etc. Jusqu'à la moitié du 19^{ème} siècle, les colorants appliqués étaient d'origine naturelle. Des pigments inorganiques tels que l'oxyde de manganèse, l'hématite et l'ancre étaient utilisés. Par ailleurs, des colorants naturels organiques ont été appliqués, surtout dans l'industrie de textile. Ces colorants sont tous des composés aromatiques qui proviennent essentiellement des plantes, tel que l'alizarine et l'indigo. L'industrie des colorants synthétiques est née en 1856 quand le chimiste anglais W. H. Perkin, dans une tentative de synthèse de la quinine artificielle pour soigner la malaria a obtenu la première matière colorante synthétique qu'il appela "mauve" (aniline, colorant basique). Au début du 20^{ème} siècle, les colorants synthétiques ont presque complètement supplantés les colorants naturels [20].

I.2.4. Classification des colorants textiles

On peut classer les colorants selon deux points de vue différents

- **Chimique** : qui intéresse surtout le fabricant de matière colorante.
- **Tinctoriale** : par domaine d'application ; utilisé par le teinturier (textiles, papier, cuir, matières plastiques, etc.)

Tableau 2 : les classifications des colorants textiles [21].

Classification chimique	Classification tinctoriale :
Les colorants azoïques	Les colorants acides (anioniques)
Les colorants anthraquinonique	Les colorants basique (cationiques)
Les colorant indigoïdes	Les colorants directs
Les colorants xanhe	Les colorants à mordants
Les phtalocyanines	Les colorants disperses
Les colorants nitres et nitroses	Les colorants réactifs
Les colorants triphenylmethanes	Les colorants à cuve

I.2.5. Toxicité des colorants

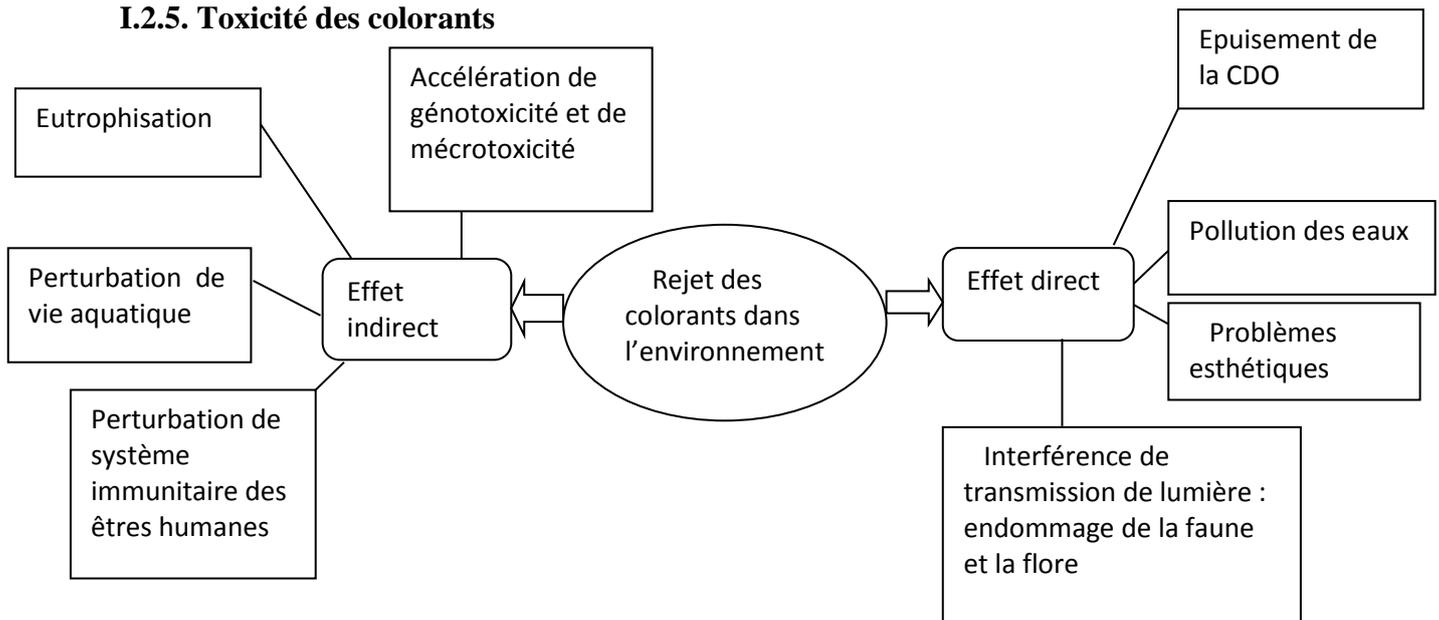


Figure1 : Représentation schématique des effets des effluents de l'industrie textile sur l'environnement [22] .

I.2.6. Procédés de traitements des colorants

De nombreuses techniques de dépollution des effluents chargés en colorants sont développées au cours de ces dernières années. Parmi ces techniques on peut citer quelques procédés :

I.2.6.1. Méthode physico-chimique: coagulation – floculation

Sous le terme de coagulation-floculation, on entend tous les processus physicochimiques par lesquels des particules colloïdales ou des solides en fine suspension sont transformés par des flocculants chimiques en espèces plus visibles et séparables (les flocs). Les flocs formés sont ensuite séparés par décantation et filtration puis évacués. Par ailleurs, la coagulation - floculation ne peut être utilisée pour les colorants fortement solubles dans l'eau. D'importantes quantités de boue sont formées avec ce procédé : leur régénération ou réutilisation reste la seule issue mais demande des investissements supplémentaires [23].

I.2.6.2. Méthodes chimiques**a) . Les procédés d'oxydation classique**

Ces méthodes de traitement sont couramment utilisées pour l'épuration d'effluents contenant des polluants organiques, y compris des colorants, en raison de leur mise en œuvre relativement facile.

Ces procédés utilisent des oxydants puissants et variés tels que l'hypochlorite de sodium (NaClO), l'ozone (O₃), ou encore le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), en présence ou non de catalyseur [24].

b). Les procédés d'oxydation avancées (POA)

Les POA regroupent des méthodes chimiques, photochimiques ou électrochimiques leur développement est en plein essor depuis environ trois décennies. Elles consistent à dégrader les molécules de colorants en CO₂ et H₂O au moyen de l'UV en présence de peroxyde d'hydrogène [24].

I. 2.-6-3-Méthodes physiques**a). Filtration sur membrane**

La filtration sur membrane pilotée par pression hydraulique se décline en microfiltration, ultrafiltration, nanofiltration et osmose inverse. L'effluent passe à travers une membrane semi-perméable qui retient en amont les contaminants de taille supérieure au diamètre des pores, pour produire un perméant purifié et un concentré qui reçoit les impuretés organiques. Parmi les quatre types de procédés, la nanofiltration et l'osmose inverse sont les plus adaptés à la réduction partielle de la couleur et des petites molécules organiques, mais l'osmose inverse reste la plus répandue [23].

b). Adsorption sur charbon actif

Lors de l'adsorption, le polluant est transféré de la phase liquide vers la phase solide. Le charbon actif est l'adsorbant le plus communément utilisé pour la réduction de la couleur [23], mais il reste très onéreux. Des recherches ont opté pour valoriser ou utiliser certaines matières naturelles (argile, sciure, écorce et farine de bois...) moins onéreuses pour l'élimination des colorants par adsorption [25].

CHAPITRE II

CHAPITRE II

ADSORPTION

Chapitre II : Généralités sur l'adsorption

II.1. Principe de l'adsorption

Le mot de l'adsorption a été proposé au début du 20^{-ème} siècle par le physico-chimiste American langmuir pour désigner une adsorption des molécules d'un fluide en surface d'un solide ,sans pénétration dans la structure même de solide .L'adsorption peut considérer d'une manière plus simple .comme une augmentation de la concentration d'une substance a l'interface solide liquide ,Se phénomène ne devient mesurable à partir d'une modification de la composition du milieu réactionnel que lorsque le solide présente une grande interface avec le fluide avec lequel il est en contact : c'est le cas de solides divisés ou poreux qui possèdent une totale grande surface spécifique ;celle-ci définit la surface par unité de masse du produit ,qui est accessible aux atome ou aux molécules(c'est l'étendue de l'interface d'un gramme de solide) . La fixation de cesmolécules provient de l'établissement de liaisons type Van Der Waals entre le solide et les molécules (liaisons de type électrostatique de faible intensité, avec des énergies d'interaction comprises entre 5et 40 kJ.mole⁻¹ (production du charbon actif et son application en traitement des eaux) [26].

II.2. Types adsorptions : Selon les forces intervenantes entre les molécules de l'adsorbat et la surface d'adsorption on distingue :

II.2.1.Chimisorption

C'est une adsorption de type chimique, qui résulte des forces de liaison de nature chimique (nettement supérieures aux forces de Van der Waals) avec mise en commun ou transfert d'électrons; il y a donc des ruptures et des créations de liaisons chimiques en surface entre le réactif et les sites actifs de l'adsorbant.

La chimisorption se caractérise par :

- _Un équilibre long à atteindre entre la phase adsorbée et le milieu fluide ;
- Une augmentation de la quantité de matière adsorbée avec la température ;
- Une chaleur dégagée durant l'adsorption comparable aux chaleurs de réaction (de 40 à 100 kJ/mol), environ 10 fois supérieure à l'adsorption physique ;

- La non-réversibilité ;
- Une spécificité marquée, dans le sens que sur un adsorbant déterminé se fixent certains adsorbats. d'adsorption se situent souvent autour de 10 kJ/mol [28].

I.2.2. Physisorption

C'est une adsorption de type physique, qui se produit lorsque les forces qui fixent l'adsorbat dans une couche à la surface de l'adsorbant sont du même ordre que les forces de Van der Waals.

Ce type d'adsorption se caractérise par :

- La rapidité dans l'établissement de l'équilibre entre la phase adsorbée et la phase fluide;
- Une chaleur d'adsorption sensiblement du même ordre que la chaleur de liquéfaction du gaz adsorbé;
- Une réversibilité relativement facile et une absence de spécificité [27].
- Les valeurs d'enthalpie

Quand les conditions s'y prêtent, l'adsorption chimique peut assez souvent se superposer à l'adsorption physique [27].

L'enthalpie relative à la chimisorption est plus grande que celle de la physisorption et les valeurs se situent généralement autour de 200 kJ/mol [28].

II.3. Le mécanisme d'adsorption d'un colorant

Il s'agit d'un transfert d'une phase liquide ou gaz contenant l'adsorbat vers une phase solide avec rétention des solutés à la surface du l'adsorbant [29].

Ce processus se déroule en quatre étapes :

- **1^{ère} étape** : transfert de l'adsorbat de la phase liquide vers la couche limite du film liquide liées à la particule solide (par convection ou diffusion). Etape très rapide.
- **2^{ème} étape** : transfert de l'adsorbat à travers le film liquide vers la surface externe de l'adsorbant. Etape rapide.
- **3^{ème} étape** : diffusion à l'intérieur de la particule d'adsorbant selon deux voies, sous l'influence du gradient de concentration. Etape lente.
 - 3a** : sous l'état adsorbé, par diffusion de surface.
 - 3b** : à l'état libre, par diffusion de pore.
- **4^{ème} étape** : adsorption dans micropore. Etape très rapide.

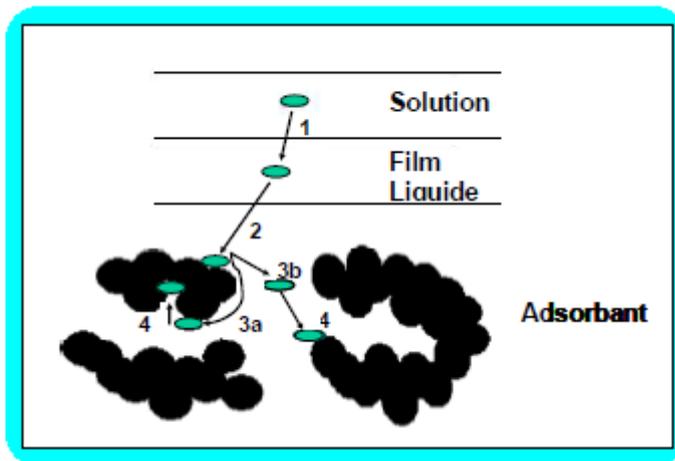


Figure 2: Etapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption

II.4. Les facteurs influençant l'adsorption [30 ,31 a 32]

Le processus d'adsorption peut être influence par différents facteurs, lies soit à l'adsorbant, l'adsorbat ou les conditions opératoires.

a. Facteurs liés à l'adsorbant

- la nature des groupements fonctionnels.
- la surface spécifique.
- la distribution des diamètres des pores.
- la masse de l'adsorbant.

b. Facteurs liés à l'adsorbat

- la solubilité de l'adsorbat.
- la polarité.
- la masse molaire.
- la taille des particules.

c. Facteurs liés aux conditions opératoires

- le pH.
- La température du milieu.
- la vitesse d'agitation du milieu réactionnel.
- le temps de contact entre l'adsorbat et l'adsorbant.

II.5. Isothermes d'adsorption :

Le phénomène d'adsorption est généralement représenté par les isothermes d'équilibre sous forme graphique. Il rend compte de la relation entre la concentration en soluté absorbé et la concentration en soluté dans la phase fluide.

L'allure de la courbe isotherme varie selon le couple adsorbat –adsorbant étudié, les isothermes d'adsorption de soluté à solubilité limitées ont été classées par Giles et al (Giles, C. H., D. Smith, et al. (1974)) en quatre principales classes (figure 3) [34, 35].

S(Sigmoïde), L(Langmuir), H(Haute affinité) et C(Paration Constante)[33]. Ces isothermes ont été reliées assez précisément à divers modes de fixation [34].

Cette classification tient compte entre autre d'un certain nombre d'hypothèses :

- Le solvant s'adsorbe sur les mêmes sites que le soluté. Ceci implique d'une compétition d'adsorption entre le solvant et le soluté ;
- Le nombre de sites susceptibles d'accueillir les molécules de soluté à la surface du solide diminue quand la quantité adsorbée augmente ;
- L'orientation des molécules à la surface est prise en considération, le cas, par exemple, où les molécules sont adsorbées verticalement ou horizontalement sur la surface ;
- Enfin, les interactions attractives ou répulsives entre les molécules adsorbées se manifestent d'une façon notable dans le phénomène d'adsorption [34].

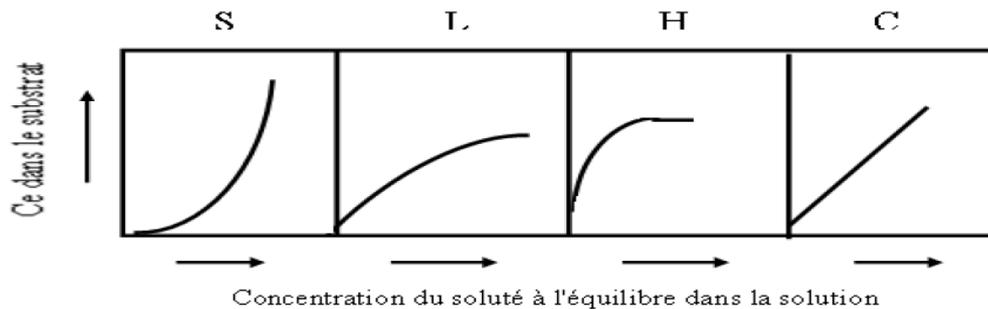


Figure3 : Types des isothermes d'adsorption.

La classe L :

Les isothermes de classe L se rencontrent lorsque le solide adsorbe une seule couche d'adsorbat et en adsorption chimique [37]. Ce type d'isotherme présente, à faible concentration en solution, une concavité tournée vers le bas qui traduit une diminution des sites libres au fur et à mesure de la progression de l'adsorption [36].

La classe S :

Les isothermes de cette classe présentent, à faible concentration, une concavité tournée vers le haut. Les molécules adsorbées favorisent l'adsorption ultérieure d'autres molécules (adsorption coopérative) [36].

La classe H :

La partie initiale de l'isotherme est presque verticale, la quantité adsorbée apparaît importante à concentration quasiment nulle du soluté dans la solution. Ce phénomène se produit lorsque les interactions entre les molécules adsorbées et la surface du solide sont très fortes [36].

La classe C :

Les isothermes de cette classe se caractérisent par une partition constante entre la solution et le substrat jusqu'à un palier. La linéarité montre que le nombre de sites libres reste constant au cours de l'adsorption [36].

II.5.1. Modélisation des isothermes d'adsorption

La capacité des adsorbants à adsorber les différents constituants d'un mélange, constitue le facteur le plus déterminant pour la performance de la majorité des procédés d'adsorption. Il est Par conséquent, essentiel de bien connaître les propriétés de l'équilibre adsorbat-adsorbant pour Pouvoir concevoir et dimensionner correctement les procédés d'adsorption [38]. Elle peut être généralement exprimée par la relation suivante :

$$Q = (C_0 - C_t) \cdot V / m$$

Sachant que :

- Q : Capacité d'adsorption du support (mg/g),
- Co : Concentration initiale du substrat (mg/l) à l'instant t = 0,
- Ct : Concentration du substrat (mg/l) à l'instant t du processus d'adsorption,
- V : Volume de la solution (l),
- m : Masse du support (g).

Les isothermes d'adsorption sont des courbes expérimentales qui représentent les variations Du substrat adsorbé par poids d'adsorbant en fonction de la concentration ou de la pression. Elles Sont exprimées généralement sous formes d'équations mathématiques, lesquelles sont obtenues à partir d'expériences réalisées en réacteur statique [38] 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, il convient de mentionner que les isothermes d'adsorption n'expliquent pas les mécanismes d'adsorption. Ils conduisent seulement à une comparaison de différents systèmes entre eux [38]. L'utilisation d'isotherme d'équilibre permettra d'atteindre les valeurs thermodynamiques induites par le phénomène.

Plusieurs isothermes, citées par [39] sont établies de façon théorique ou empirique par Freundlich en 1906, Langmuir en 1915, Temkin en 1941, Hill en 1946, De Boer en 1953, Kiselev en 1958. Les plus utilisés sont les deux modèles de Langmuir et de Freundlich.

a). Isotherme de Langmuir

L'isotherme de Langmuir repose sur plusieurs hypothèses lesquelles sont [38]:

- 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 un équilibre entre l'adsorption et la désorption),
- Le nombre de sites d'adsorption sur la surface est limité.

L'isotherme est représentée par l'équation suivante :

$$Q_e = Q_m [K_L \cdot C_e / (1 + K_L \cdot C_e)]$$

Avec :

- C_e : Concentration à l'équilibre, exprimée en (mg/l),
- Q_e : Quantité du produit adsorbée par unité de masse d'adsorbant exprimée en (mg/g),
- Q_m : Capacité maximale d'adsorption théorique exprimée en (mg/g),
- K_L : Constante de l'équilibre thermodynamique d'adsorption.

La linéarisation de l'équation de Langmuir donne :

$$C_e / Q_e = [1 / Q_m] \cdot C_e + 1 / (K_L \cdot Q_m)$$

On obtient l'équation d'une droite de pente $1/Q_m$ et d'ordonnée à l'origine $1 / (K_L \cdot Q_m)$

b) Isotherme de Freundlich

Le modèle de Freundlich est un modèle non linéaire dont l'équation est donnée par la forme suivante [40] :

$$Q_e = K_F \cdot C_e^{1/n}$$

Avec :

- C_e : Concentration à l'équilibre, exprimée en (mg/l),
- Q_e : Quantité du produit adsorbée par unité de masse d'adsorbant exprimée en (mg/g),
- K_F : Constante de Freundlich caractérisant le pouvoir adsorbant du solide,
- $1/n$: Constante de Freundlich caractérisant l'affinité du produit pour adsorbant.

La linéarisation de l'équation de Freundlich donne :

$$\log Q_e = \log K_F + 1/n \log C_e$$

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

La connaissance des paramètres de l'équilibre d'adsorption permet de déduire les capacités d'adsorption d'un support. Ainsi la détermination des paramètres cinétique doit en plus être réalisée pour la prévision de l'allure des courbes.

II.6. Cinétique d'adsorption

Dans un système d'adsorption, la vitesse de réaction aboutissant à l'équilibre thermodynamique entre l'adsorbant en phase liquide et l'adsorbant fixé sur le solide [41].

La définition de la cinétique d'adsorption est le taux d'approche de l'équilibre, l'équilibre d'adsorption n'apparaît pas instantanément car le taux d'adsorption est habituellement limité par le transport de masse suivant mécanismes et dépend à la fois des propriétés de l'adsorbant et de l'adsorbant[40].

Le but de cette étude est de déterminer les quantités fixées de l'adsorbat choisi depuis sa mise en contact jusqu'à l'atteinte de l'équilibre thermodynamique. Tandis que les prélèvements des échantillons sont réalisés avec des intervalles de temps variables [41].

II.6 .1. Modèle de la cinétique du pseudo premier ordre

Dans le cas de réaction d'ordre pseudo premier, La constante de vitesse est déduite à partir du modèle établi par Lagergren.

Ce modèle mathématique a été choisi d'une part pour sa simplicité et d'autre part par son application dans le domaine d'adsorption des composés organiques sur différents adsorbants [42].

La vitesse d'adsorption est proportionnellement à $(q_e - q_t)$ et peut donc être décrit par la relation suivant :

$$dq_t / dt = k_1 (q_e - q_t) \dots \dots \dots (5)$$

Ou : q_e (mg/g) : quantité adsorbée à l'équilibre q_t (mg/g):quantité adsorbée à l'instant t.

k_1 : constante de vitesse de Lagergren

L'intégration de l'équation (5) entre 0 et t pour le temps et entre 0 et q_t pour la quantité adsorbée permet d'obtenir la forme linéaire de Lagergren:

$$\ln (q_e - q_t) = \ln q_e - k_1 t (6)$$

Le tracé la courbe $\ln (q_e - q_t)$ en fonction de t permet de déterminer la constante K_1 et la quantité adsorbée à l'équilibre q_e [43].

II.6.2. Modèle de la cinétique du pseudo seconde ordre

La vitesse de réaction pour la pseudo-second-ordre dépend de la quantité adsorbée sur la surface de l'adsorbant et de la quantité adsorbée à l'équilibre. L'équation de la cinétique de pseudo-second-ordre obéit à la relation suivant :

$$dq_t / dt = k_1 (q_e - q_t)^2 \dots \dots \dots (7)$$

Tel que: q_e (mg/g) : quantité adsorbée à l'équilibre. q_t (mg/g): quantité adsorbée à l'instant t.

K_2 : constante de vitesse du modèle cinétique du 2ème ordre (mg.g-1.min-1).

L'intégration de l'équation (7) entre 0 et t pour le temps et entre 0 et q_t pour la quantité adsorbée permet d'obtenir la forme linéaire du modèle de pseudo seconde ordre

$$t/q_t = (1 / K_2 \cdot q_e^2) + (1/q_e) \cdot t \dots \dots \dots (8)$$

Le tracé la courbe t / q_t en fonction de t permet de déterminer la constante K_2 et la quantité adsorbée à l'équilibre

II.7. Les principaux types d'adsorbant

On distingue cinq grands types d'adsorbant : les zéolithes, les alumines, les gels de silice, les argiles activées et les charbons actifs

a). Les zéolithes

Les zéolithes sont des aluminosilicates cristallises microporeux de formule globale $AlO_2M_nSiO_2$ ou $\ll M \gg$ représente le plus souvent un métal alcalin ou alcalinoterreux et $n \geq 1$.

b). Les alumines

Les alumines activées sont des produits de composition approximative $Al_2O_3 \cdot 0.5H_2O$, possèdent une structure poreuse résultant du départ des molécules d'eau . La surface des pores est couverte de groupement $AlOH$ l'adsorption se fait préférentiellement par liaison hydrogène.

c). Les gels de silice

Les gels de silice sont préparés à partir de Si(OH)_4 en phase aqueuse, obtenu par acidification d'un silicate de sodium, ou bien à partir d'un sol de silice

d). Les argiles activées

Sont des aluminosilicates de formule brute proche des zéolithes, mais de structure cristalline différente ce sont des produits naturels, utilisés surtout pour le séchage

e). Les charbons actifs

Le charbon actif est historiquement parlant, le premier matériau adsorbant. Il a été utilisé depuis des milliers d'années pour améliorer le goût de l'eau et pour enlever les odeurs désagréables.

Mais les premières applications industrielles ont vu le jour qu'à la fin du dix-huitième siècle dans l'industrie de la canne à sucre.

La deuxième grande utilisation du charbon actif fut la décoloration, en 1910, le premier filtre utilisé par la municipalité, garni de lignite, fut installé à Reading en Angleterre. Le charbon actif est obtenu à partir de matière organique (bois, tourbe) carbonisés, puis activés, il se trouve soit sous forme de poudre avec des pores de quelque μm de dimension, soit sous forme de grain, il peut être régénéré selon trois procédés de désorption : à la vapeur, thermique et chimique[44].

CHAPITRE III

CHAPITRE III

**CHARBON
ACTIF**

III.1. Généralités sur le charbon actif

Le charbon actif est un matériau carboné poreux. Il peut être préparé à partir de plusieurs types de matières premières telles l'anthracite [45]. Les schistes bitumineux, le bois, la lignine, la bagasse, la mélasse, la coque de noix de coco, et autres [46].

Tous ces matériaux peuvent servir à produire, après carbonisation, le charbon brut ce dernier est activé pour dégager les cavités remplies de goudron issues de la carbonisation et pour développer des pores ; ce qui augmente la surface spécifique et le volume poreux du matériau. Il existe deux méthodes pour activer le charbon : la méthode physique et la méthode Chimique.

a). La méthode physique : consiste en un traitement thermique sous un gaz réactant, en l'occurrence, le dioxyde de carbone ou la vapeur d'eau[47].

b). La méthode chimique : quant à elle, consiste à imprégner le matériau carboné avant ou après carbonisation, par une solution d'un agent chimique, en l'occurrence, des bases minérales telles la potasse [48] ou la soude, des acides minéraux comme l'acide phosphorique ou l'acide sulfurique [49], ou encore des sels métalliques tel le chlorure de zinc. Cette imprégnation est suivie d'un traitement thermique dans une atmosphère inerte.

Récemment, une nouvelle technique sert pour l'activation du charbon. Rien qu'avec un traitement mécanique [50]. On a pu légèrement accroître la surface spécifique du charbon ; cette technique n'a pas eu d'application industrielle et est restée à l'échelle du laboratoire.

III.2. Texture du charbon actif

La texture du charbon actif se caractérise essentiellement par deux paramètres qui sont l'aire spécifique et la porosité. Ils sont essentiels pour la détermination des capacités et des cinétiques d'adsorption. Une classification simple permet de distinguer trois sortes de pores.

Il s'agit des :

a). Macropores : ils possèdent un rayon moyen compris entre 500 et 1000 Å et peut atteindre jusqu'à 20000 Å. L'ordre de grandeur de leurs aires massiques (0,5 à 2 m²/g) montre qu'ils influencent faiblement la capacité d'adsorption [51].

b). Mésopores : ils ont un rayon compris entre 18-20 Å et 500-1000 Å.

Leurs surfaces spécifiques (25 à 75 m². g⁻¹) montrent qu'ils peuvent influencer moyennement la capacité d'adsorption. En effet, les phénomènes de condensation capillaire ne peuvent se dérouler qu'à l'intérieur de ces mésopores. Ils sont considérés comme des pores de transition en contrôlant le passage des adsorbats vers les micropores [51].

c). **Micropores** : ils constituent pratiquement l'essentiel de la surface spécifique totale (95 %). Leur rayon qui est inférieur à 18-20 Å (de l'ordre de la taille des molécules simples) leur confère un très grand rôle dans le processus d'adsorption concernant le pouvoir adsorbant du charbon actif, il a été clairement établi que la porosité peut limiter les capacités de ce matériau vis-à-vis des molécules complexes, AQ substrats à l'intérieur des particules du charbon actif [52].

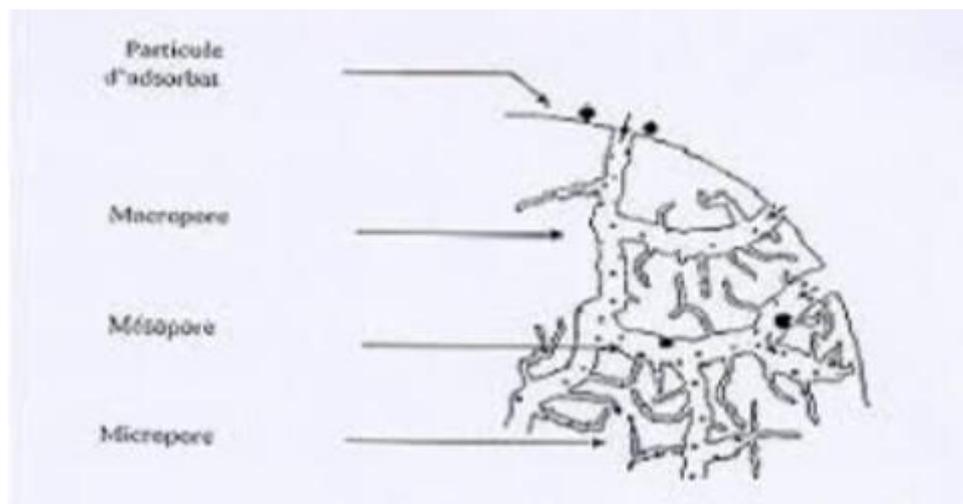


Figure 4 : texture de charbon actif [52].

III.3. Principales applications

Les charbons actifs sont utilisés dans plusieurs domaines [53].

-Le traitement des eaux potables ou des eaux industrielles qui sont produites à partir des eaux de surface. Le charbon actif fixe alors les composés organiques dissous qui n'ont pas été éliminés par autoépuration (ou élimination biologique naturelle). Nous citons en exemple les substances qui donnent le goût et la saveur à l'eau. Ces adsorbants retiennent également certains métaux lourds à l'état de traces.

_ Le traitement tertiaire des eaux résiduaires ou industrielles. Dans ce cas le charbon actif peut être considéré comme un complément au traité biologique.

_ Le traitement des eaux résiduaires industrielles : ce traitement est employé lorsque l'utilisation des techniques biologiques n'est pas permise. Le but du charbon actif est donc d'éliminer les composés toxiques non biodégradables.

_ La purification industrielle des produits pharmaceutiques, chimiques ou alimentaires (sucre, huiles végétales...).

III.4. Les étapes de préparations**a) . L'activation**

L'activation assure un meilleur développement de la surface spécifique et de la structure poreuse obtenue à l'étape de carbonisation [54]. Elle est réalisée à l'aide d'agents oxydants physiques ou chimiques. Le procédé d'activation qui utilise la vapeur d'eau [55, 54] le dioxyde de carbone ou l'oxygène correspond à la méthode physique. Elle consiste en une gazéification du matériau carbonisé au moyen du dioxyde de carbone, de la vapeur d'eau . La nature de l'agent d'activation influence la distribution poreuse du matériau par exemple, l'utilisation . Adsorption du dioxyde de carbone comme agent oxydant, favorise le développement de la microporosité alors que la vapeur d'eau favorise une porosité aux dimensions plus larges, et la formation des groupements fonctionnels de surface généralement oxydés qui sont à l'origine des interactions entre le solide et les molécules adsorbées [56] .En générale l'activation physique a été opérée à une température élevée et à un temps d'activation très long[57]. Par ailleurs, lors de l'activation chimique, la carbonisation et l'activation sont réalisées simultanément. L'utilisation d'agents oxydants (tels que l'acide phosphorique (H_3PO_4), le chlorure de Zinc ($ZnCl_2$) ou l'acide sulfurique (H_2SO_4)) influence sur la décomposition pyrolytique, en jouant le rôle d'agent déshydratant. Les conditions d'activation(température, durée, agent d'activation) influencent fortement la structure du produit final. En effet, les agents oxydants chimiques inhibent la formation de goudron et la production de composés volatils (méthanol, acide acétique, etc...), conduisant ainsi à un meilleur rendement. Dans l'activation chimique la carbonisation et l'activation sont normalement réalisées à des températures plus basses.

b). La 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 inférieures à $700^\circ C$ et sous un courant continu d'un gaz inerte (absence d'oxygène) [58]. Lors de la carbonisation, la teneur en carbone du précurseur croît, l'oxygène et l'hydrogène étant éliminés sous l'effet de la chaleur. La carbonisation entraîne également une évolution de la structure du précurseur vers l'état cristallin du graphite, selon les conditions de traitement du matériau : plus la structure de celui-ci se rapproche de celle du graphite, plus elle est dite ordonnée. Les atomes de carbone restants se regroupent en réseaux aromatiques avec une structure en feuillet, lesquels s'arrangent entre eux d'une manière irrégulière laissant ainsi des interstices : c'est la porosité primaire du matériau carbonisé [59].

CHAPITRE IV

CHAPITRE IV

Préparation et
caractérisation
de charbon actif

Chapitre IV : Matériels et méthodes

Notre travail a été réalisé au niveau du laboratoire (laboratoire de gestion et valorisation des ressources naturelles LGVRN, faculté SNV – Université de BOUIRA), dont l'objectif vise d'éliminer le colorant bleu de méthylène par adsorption sur les noyaux de dattes broyées (précurseur) et sur les charbons actifs préparés par ce matériau .

Ce chapitre expose la nature et les propriétés de matériel et des réactifs utilisés, la procédure et le protocole expérimentale concernant la préparation et la caractérisation de matériau utilisée et les charbons actifs préparés, et la méthode d'analyse concernant le test de dépollution. Le principe de fonctionnement de l'appareille utilisée (uv _ visible)est détaillé dans l'annexe .

IV.1. Noyaux de dattes :

La datte est le fruit comestible du **palmier dattier** (*Phoenix dactylifera*,L),un cultivar populairement pris pour un arbre. C'est un fruit charnu, oblong, de 4 à 6 cm de long, contenant un noyau allongé, marqué d'un sillon longitudinal. C'est un fruit très énergétique. [60].



Figure 5 : le datte et noyaux séparées

IV.1.1. Statistique :

Selon les statistiques les plus récentes (2015) du Ministère l'Agriculture et du Développement Rural, le palmier dattier occupe en Algérie une superficie évaluée à 167.000 hectares pour un nombre de palmiers estimé à plus de 18,6 millions d'unités et une production de dattes, toutes variétés confondues, de près de 990.000 tonnes.

Les régions phoenicoles se situent généralement au sud de l'atlas saharien et couvrent 17 wilayas (en réalité 16 wilayas car la wilaya de M'Sila a perdu son potentiel phoenicole).

La wilaya de Biskra et la première région phoenicole de la superficie totale, 23,1% du nombre total de palmiers dattiers et 41,2% de la production nationale de dattes. Elle est suivie par la wilaya d'El Oued avec respectivement 22,4 % et 25%. Ces deux wilayas totalisent à elle seules plus des deux tiers (2/3) de la production nationale de dattes [61].

IV.1.2. La répartition par wilaya se présente comme suit :

En site les 6 wilayas suivent :

Tableau 3 : la répartition de dattes par wilaya

Wilaya	Production (quintal)	Number of date-palms	Surface area(hectares)
Biskra	4.077.900	4.315.100	42.910
El Oued	2.474.000	3.788.500	36.680
Ouargla	1.296.300	2.576.600	21.980
Adrar	910.300	3.799.000	28.330
Ghardaïa	565.000	1.246.500	10.850
Béchar	300.500	1.639.800	14.120

IV.1.3. Caractérisation physico-chimique des noyaux de dattes étudiées (précurseur)

Grâce à l'application de plusieurs méthodes, les caractéristiques physico-chimiques des noyaux des dattes préparées sont déterminées :

a). Le taux d'humidité

Le taux d'humidité est un rapport exprimé en pourcentage, il est déterminé par le séchage de l'adsorbant. Une masse m_1 d'adsorbant est mise dans un creuset et pesée. Elle est ensuite séchée dans une étuve à 105°C. L'échantillon est pesé toute les 5 heures. L'opération de pesée est répétée jusqu'à ce que le poids de l'échantillon devienne constant. A sa sortie de l'étuve, il est refroidi dans un dessiccateur puis repesé [62].

Le taux d'humidité (% H) est calculé par la formule suivante :

$$\%H = [(m_3 - m_2) / m_1] \cdot 100$$

m_1 : la masse initiale d'adsorbant utilisée en (g).

m_2 : La masse du creuset rempli après séchage en (g).

m_3 : La masse du creuset rempli avant séchage en (g).

b) . Le Taux des matières volatiles

L'échantillon est mis dans un creuset fermé. Il est ensuite chauffé dans un four à moufle à 725°C pendant 8 minutes. Le poids initial de l'échantillon P_i et le poids final P_f sont utilisés pour la détermination du taux des matières volatiles. Plus la perte de poids est importante, plus l'échantillon est riche en matières volatiles [62] .

$$\text{Taux de matière volatiles} = \frac{p_i - p_f}{p_i} * 100 - \text{taux d'humidité}$$

c) . Le taux de cendre

Un creuset propre est chauffé dans un four à 700°C pendant 10 minutes, refroidi ensuite dans un dessiccateur et pesé (m_1). Une quantité (m_2) d'adsorbant est introduite à l'intérieur du creuset et placée dans le four à 700°C pendant 3 heures. Le creuset est ensuite refroidi et pesé à nouveau (m_3).

Le taux de cendre est calculé par la relation : [63]

$$\text{Taux de cendre} = \frac{\text{poids de la cendre}}{\text{poids initial de l'échantillon}} * 100 \rightarrow \text{Le taux de cendre}$$

d). Le Taux du carbone fixe

Le taux de carbone fixe est déterminé par la soustraction de 100 de la somme des pourcentage humidité, de matières volatiles et du taux de cendre.

Taux de carbone fixe = $100 \% - (\text{taux d'humidité} + \text{taux de matières volatiles} + \text{taux de cendre})$
[64].

Tableau4 : les caractéristiques du précurseur

La composition	Le pourcentage pour les noyaux de dattes utilise %
Humidité	3.2
Matières volatiles	9.32
Cendre	0.246
Carbone fixe	87.234

IV.1.4. Préparation du C.A à partir des noyaux de dattes

Les charbons actifs préparés ont été activés chimiquement avec l'acide sulfurique (H_2SO_4). Les étapes suivies pour la préparation des charbons actifs sont résumées comme suit :

Les noyaux des dattes ont d'abord été lavés jusqu'à ce que l'eau de lavage est devenue claire, il a ensuite été rincé avec de l'eau distillée, séché à $105^\circ C$ jusqu'à poids constant puis broyé en une fine poudre ($125\mu m < \phi < 500 \mu m$) .

Un poids $m=50g$ du noyaux de dattes a été imprégnée avec de l'acide sulfurique pur, Le mélange a été maintenu pendant 2 heures à une température d'activation de $200^\circ C$ dans le chouffe ballon sous réfrigération (Fig.6).



Figure 6 : étape d'activation

Une fois l'étape d'activation achevée, le mélange a été récupéré dans un creuset en porcelaine et chauffé dans un four à moufle à vitesse de chauffe de $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ et à jusqu'à la température de carbonisation.

L'échantillon est maintenu à température finale de carbonisation pendant deux heures (120 min). Il est ensuite refroidi jusqu'à la température ambiante avant d'être extrait du four et pesé. L'échantillon est lavé et neutralisé avec l'eau distillée, puis séché à 105°C pendant 24h et tamisé dans un tamis inférieur de $100\mu\text{m}$.

Avec la même méthode nous avons préparée deux charbons actifs :

-charbon actif préparé à base des noyaux de datte activé avec de l'acide sulfurique pur à un taux 1/1 (1g de H_2SO_4 / 1 g précurseur) et à température d'activation 200°C et température de carbonisation de 300°C (CA1) .

-charbon actif préparé à base des noyaux de datte activé avec de l'acide sulfurique pur à un taux 1/1(g/g) et à température d'activation 200°C et température de carbonisation de 600°C (CA2) .

IV.1.5. Caractérisation physico-chimique des charbons actifs préparés :

Grâce à l'application de plusieurs méthodes, les caractéristiques physico-chimiques des noyaux des dattes préparées sont déterminées :

a). Le taux d'humidité

Le taux d'humidité est un rapport exprimé en pourcentage, il est déterminé par le séchage de l'adsorbant. Une masse m_1 d'adsorbant est mise dans un creuset et pesée. Elle est ensuite séchée dans une étuve à 105°C. L'échantillon est pesé toute les 5 heures. L'opération de pesée est répétée jusqu'à ce que le poids de l'échantillon devienne constant. A sa sortie de l'étuve, il est refroidi dans un dessiccateur puis repesé.

Le taux d'humidité (% H) est calculé par la formule suivante :

$$\%H = [(m_3 - m_2) / m_1] \cdot 100$$

m_1 : la masse initiale d'adsorbant utilisée en (g).

m_2 : La masse du creuset rempli après séchage en (g).

m_3 : La masse du creuset rempli avant séchage en (g) [62] .

b). Taux de matière volatile

L'échantillon est mis dans un creuset fermé. Il est ensuite chauffé dans un four à moufle à 725°C pendant 8 minutes. Le poids initial de l'échantillon P_i et le poids final P_f sont utilisés pour la détermination du taux des matières volatiles. Plus la perte de poids est importante, plus l'échantillon est riche en matières volatiles

$$\text{Taux de matière volatiles} = \frac{p_i - p_f}{p_i} * 100 - \text{taux d'humidité}$$

c) . Le taux de cendre

Un creuset propre est chauffé dans un four à 700°C pendant 10 minutes, refroidi ensuite dans un dessiccateur et pesé (m_1). Une quantité (m_2) d'adsorbant est introduite à l'intérieur du creuset et placée dans le four à 700°C pendant 3 heures. Le creuset est ensuite refroidi et pesé à nouveau (m_3).

Le taux de cendre est calculé par la relation : [63]

$$\text{Taux de cendre} = \frac{\text{poids de la cendre}}{\text{poids initial de l'échantillon}} * 100 \rightarrow \text{Le taux de cendre}$$

d). Taux du carbone fixe

Le taux de carbone fixe est déterminé par la soustraction de 100 de la somme des pourcentage humidité, de matières volatiles et du taux de cendre [64].

Taux de carbone fixe = $100 \% - (\text{taux d'humidité} + \text{taux de matières volatiles} + \text{taux de cendre})$

Les résultats de caractérisation obtenus sont regroupés sur le tableau suivant :

Tableau 5 : Les caractéristiques des charbons préparés

Charbon actif	Taux d'humidité%	Taux de cendre %	Taux des matières volatiles %	Taux de carbone fixe %
Charbon 1	0.880	0.951	6.32	91.849
Charbon 2	0.868	0.949	5.37	98.813

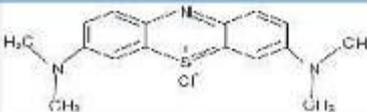
IV.1.6. Les essais de l'adsorption :**IV.1.6.1. Le Bleu de méthylène (BM)**

Le bleu de méthylène (ou chlorure de méthylthioninium) est un composé organique dont la formule chimique est bis-(diméthylamino)-3,7 phénazathionium chlorure, de formule brute : $C_{16}H_{18}ClN_3S$ (figure 1). Sa masse molaire est de 319,852g/mol. Il est plus soluble dans l'eau (50g/l à 20°C) et soluble dans l'alcool (10g/l dans l'éthanol à 20°C) [65].



Figure 7 : structure chimique de bleu de méthylène.

Tableau 6 : caractéristiques chimiques de bleu de méthylène.

Caractéristique	Résultats
Structure	
Masse Molaire	319,85 g.mol ⁻¹
Solubilité dans l'eau	Élevée
Utilité	Désinfectant et colorant en bactériologie
Tension de vapeur	Faible

IV.1.6.2. Préparation de solution synthétique du colorant BM :

La solution mère est préparée en faisant dissoudre 1g de la poudre de bleu de méthylène pur dans 1L d'eau distillée.

a) Préparation des solutions filles à partir de la solution mère :

Les solutions filles utilisées dans les essais de l'adsorption sont obtenues par dilution de la solution mère du bleu de méthylène en se basant sur la relation $C_1.V_1=C_2.V_2$

La courbe d'étalonnage est présentée dans le chapitre V.

b) Montage des essais de l'adsorption :

Dans des érlenmeyers contenant 100 ml de la solution colorée avec des concentrations connus, nous avons introduit des masses de l'adsorbant utilisé (précurseur ou bien charbon actif préparé suivant la manipulation), le mélange ainsi obtenu a été ensuite agité (200 tr/min) pendant un temps fixe.

Les surnageants obtenus ont été analysés par uv-visible pour déterminer la concentration résiduelle du colorant, le principe de fonctionnement de cette appareil est bien illustré dans l'annexe.

CHAPITRE V

CHAPITRE V

LES ESSAIS DE
L'ADSORPTION

V- Etude de l'adsorption de bleu de méthylène sur des différents adsorbants :**V.1 Introduction :**

Cette partie de travail traite les essais d'adsorption de bleu de méthylène BM sur deux charbons actifs préparés par activation chimique avec l'acide sulfurique pur à deux températures de carbonisation 300 °C (CA1) et 600 °C (CA2) et sur le précurseur lui-même.

L'influence des différents paramètres sur ce processus d'adsorption a également été étudiée, la cinétique d'adsorption a été mise en évidence et modélisée grâce à l'exploitation de deux modèles empiriques ; pseudo premier ordre et pseudo deuxième ordre.

En dernier lieu nous avons étudié les isothermes d'adsorption de bleu de méthylène sur les trois adsorbants : CA1, CA2 et précurseur afin de modéliser ces isothermes, deux modèles ont été exploités ; modèle de Langmuir et modèle de Freundlich.

V.2. Produit utilisés :

- Précurseur et des charbons actifs en poudre préparés préalablement au laboratoire avec la granulométrie : $50 \mu\text{m} \leq \text{Ø} \leq 100 \mu\text{m}$
- Solution mère de bleu de méthylène (1g/l).
- Des solutions de NaOH et HCl pour régler le pH.

V.3. dispositif expérimental :

Le dispositif expérimental est constitué d'un bécher de 0.5 L muni d'un barreau et déposer sur un agitateur magnétique, l'agitation magnétique assure le contact adsorbant / adsorbat.

V.4. Procédure expérimentale :

Toutes les expériences de ce travail ont été menées dans le même dispositif expérimental.

Des solutions de BM sont versées dans le réacteur expérimental avec des masses précises d'adsorbants et maintenues en agitation pendant 260 minutes pour assurer l'équilibre, sauf pour l'étude de la cinétique où des prélèvements ont été effectués à des différentes fractions du temps jusqu'à atteindre un temps de 260 minutes.

Les échantillons prélevés ont été mis dans des tubes à essais et sont placés dans la centrifugeuse pendant 3 minutes afin de séparer les deux phases solution aqueuse de concentration résiduelle et adsorbant.

La concentration résiduelle des échantillons prélevés a été déterminée au moyen d'un spectrophotomètre uv-visible.

V.5. Méthodes et appareil de dosage des colorants :

Le spectrophotomètre que nous avons utilisé est un appareil qui permet de mesurer directement les densités optiques, les analyses sont effectuées sur un spectrophotomètre uv-visible modèle (CB -30 nano).

La longueur d'onde maximale a obtenu directement par balayage automatique entre 400 nm et 800 nm et en même temps été donnée sur l'étiquette de BM par $\lambda_{\max} = 664 \text{ nm}$

Des cuves en quartz de 1 cm de trajet optique sont utilisées.

V.5.1. La courbe d'étalonnage de bleu de méthylène :

Pour toutes les solutions étudiées, nous avons utilisé la même méthode qui consiste à préparer d'abord une solution-mère de concentration donnée, à partir de laquelle nous préparons, par dilutions successives, une série de solutions de concentrations bien déterminées. Celles-ci sont par la suite analysées par spectrophotométrie.

Nous établissons ainsi la droite d'étalonnage représentant la densité optique, au maximum de la bande d'adsorption, en fonction de la concentration C et qui obéit à la relation de Beer.

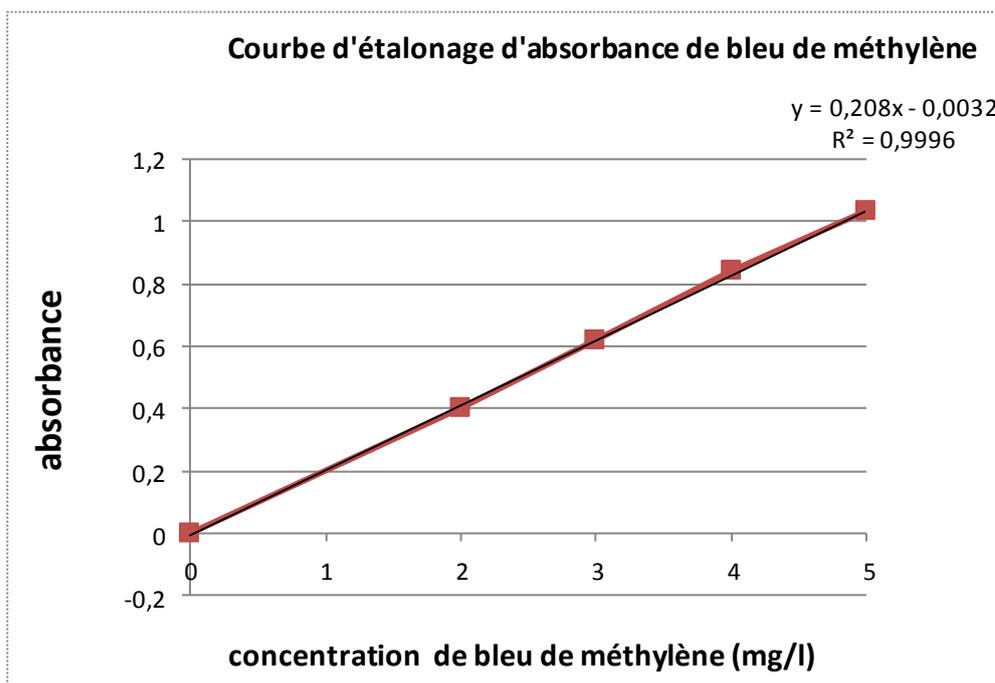


Figure 8 : Courbe d'étalonnage de l'analyse par uv-visible.

V.6. Résultats de l'adsorption :**V.6.1. Influence de quelques paramètres sur la capacité d'adsorption :**

L'étude de l'adsorption de BM sur le charbon actif en poudre, implique de toute évidence la détermination de l'influence de quelques paramètres physico-chimiques.

Dans ce travail, l'adsorption de BM est réalisée en batch, le programme expérimental dans l'étude de ces paramètres a été organisé en quatre parties comprenant l'effet :

- a) Du temps de contact
- b) De la concentration initiale du substrat (BM).
- c) De la dose appliquée du solide (CA)
- d) pH de la solution.

a) Effet du temps de contact :

L'équilibre thermodynamique entre l'adsorbat en phase liquide et l'adsorbant solide est atteint avec une vitesse qui dépend non seulement de la vitesse avec laquelle les constituants du mélange à séparer diffusent dans l'adsorbant et dans le fluide, mais aussi de l'interaction adsorbant-adsorbat.

L'étude de l'adsorption d'un composé sur un adsorbant nous permet d'examiner l'influence du temps de contact sur sa rétention.

Cette étude a été menée de manière à déterminer les quantités fixées de l'adsorbat choisi BM depuis sa mise en contact jusqu'à 260 minutes d'agitation.

Les conditions expérimentales utilisées sont identiques : $\text{pH} = 6.0 \pm 0.2$, $T = 25 \pm 5^\circ\text{C}$, la concentration initiale de l'adsorbant (masse du charbon par rapport à l'adsorbat en phase liquide) $S/L = 1\text{g/l}$, et la vitesse d'agitation = 200 tr /min.

Les échantillons sont prélevés à intervalles de temps bien définis.

Dans tous les tests d'adsorptions, nous avons donc opté pour un temps de 260 minutes afin de s'assurer de l'équilibre entre les différentes phases.

Les courbes correspondant aux cinétiques d'adsorption de BM sur les différents adsorbants (précurseur, CA1, CA2) à des plusieurs concentrations sont représentés par les figures suivantes :

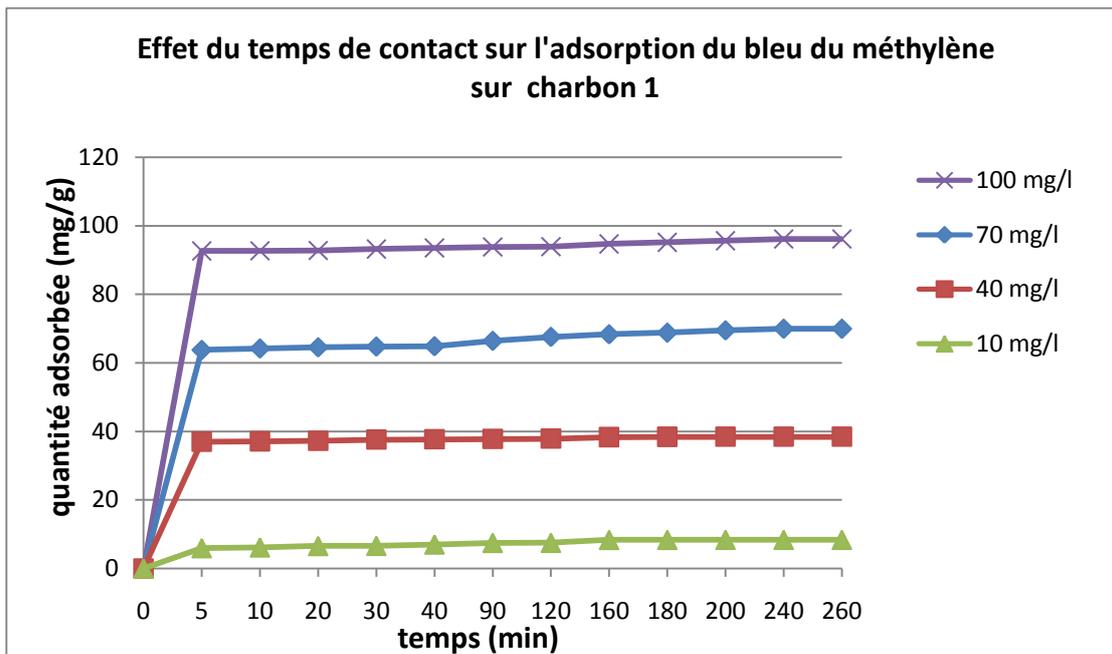


Figure 9 : Effet du temps de contact sur l'adsorption du bleu du méthylène sur CA1

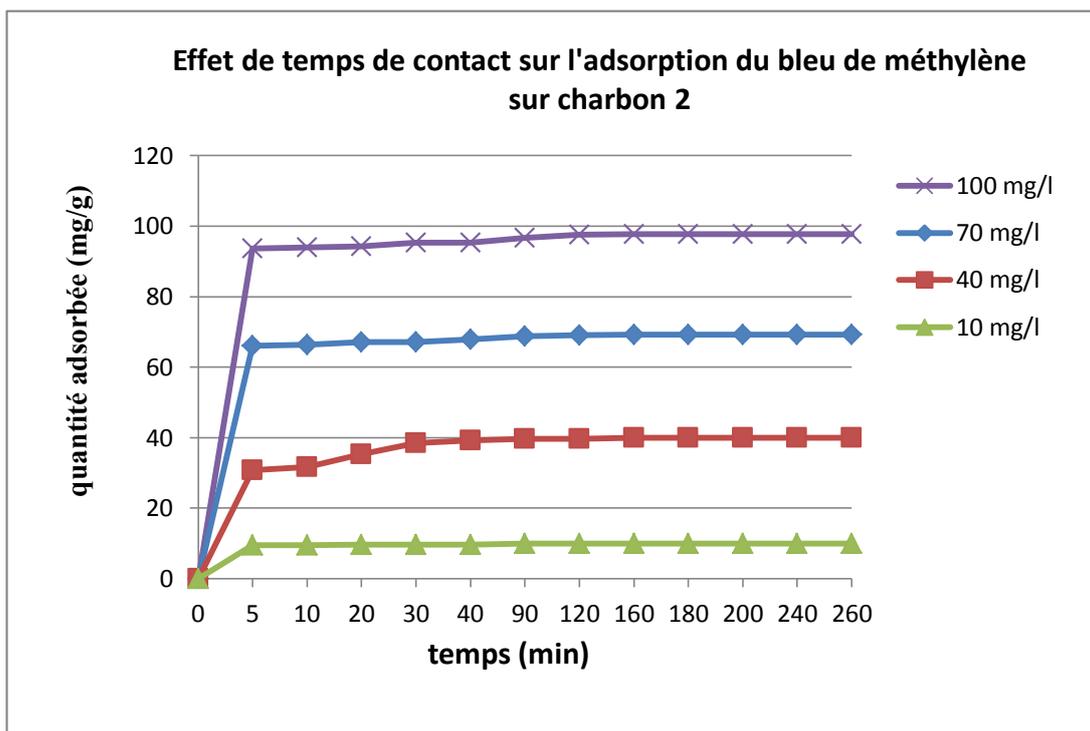


Figure 10 : Effet du temps de contact sur l'adsorption du bleu du méthylène sur CA2.

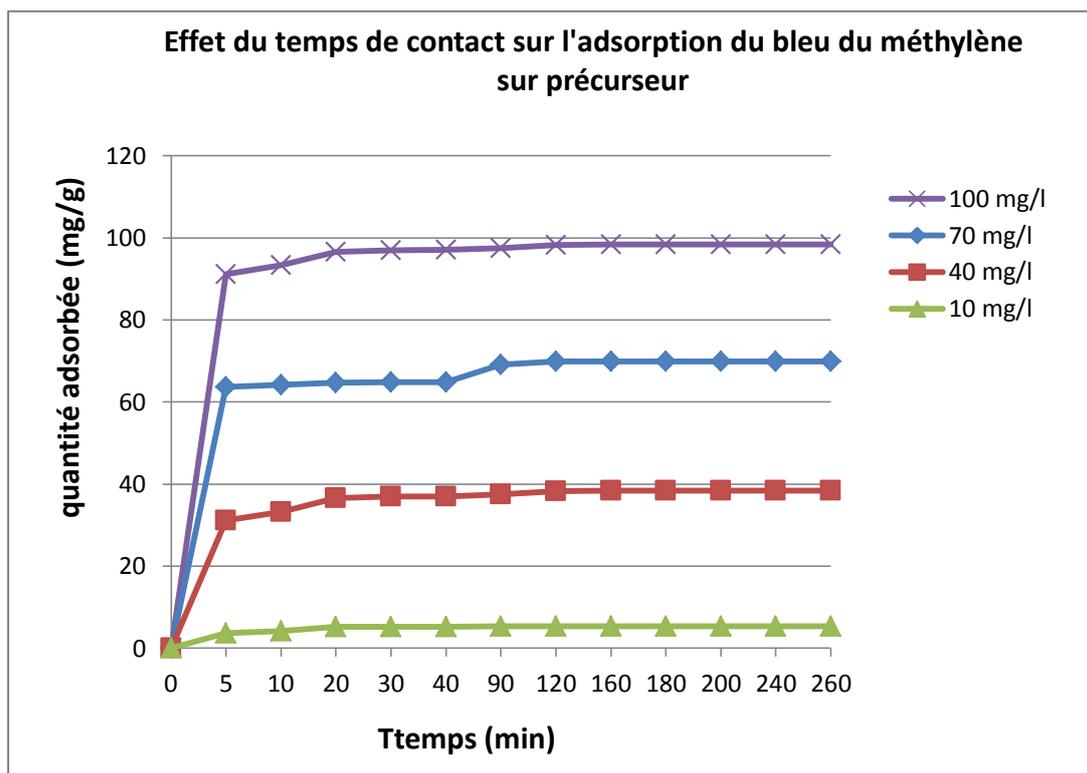


Figure 11 : Effet du temps de contact sur l'adsorption du bleu de méthylène sur précurseur

Les résultats présentés sur les figures 9, 10 et 11. Montrent que la cinétique de fixation de BM sur les trois adsorbants est rapide, elle est augmentée instantanément dès les premiers minutes pour atteindre l'équilibre à environ 15 minutes.

Après ce temps et jusqu'à 260 minutes nous constatons que les courbes de rétention de BM sur les différents adsorbants peuvent se diviser en deux parties ; une partie correspondante à une phase très courte où la fixation est très rapide, et une phase longue où le taux d'adsorption est relativement faible ; cette dernière est bien représentée par un palier.

La fixation rapide s'explique par la grande affinité du charbon à la rétention de BM, par une meilleure diffusion du substrat à travers les pores de ces adsorbants et par le nombre important de sites libres.

Dans la deuxième partie l'adsorption atteint un équilibre où tous les sites deviennent occupés

Les trois adsorbants CA1, CA2 et précurseur montrent une bonne performance, les quantités maximales adsorbées sont respectivement 96.08 mg/g, 97.73 mg/g et 98.40 mg/g ces capacités sont obtenues à la concentration initiale de BM de 100 mg/l.

b) Effet de la concentration initiale de l'adsorbat :

Les essais ont été réalisés en agitant 0.1g de l'adsorbant pendant 260 min dans des béchers de 100 ml, contient des solutions colorées dont la concentration varie de 10 à 100 mg/l, les tests ont été réalisés à pH normale de la solution ($pH=6.0\pm 0.2$) sous une agitation de 200 tr/min à température ambiante. Les concentrations résiduelles ont été déterminées. Puis exploitées pour suivre l'évolution de la quantité adsorbée par unité de masse en fonction de la concentration initiale pour les différents adsorbants :

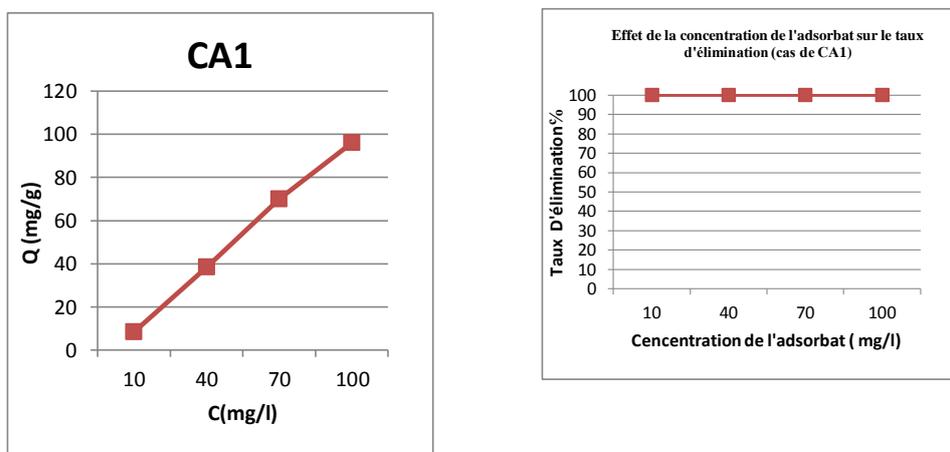


Figure 12 : Effet de la concentration initiale de l'adsorbat sur la quantité adsorbé et le taux d'élimination. (Cas de CA1).

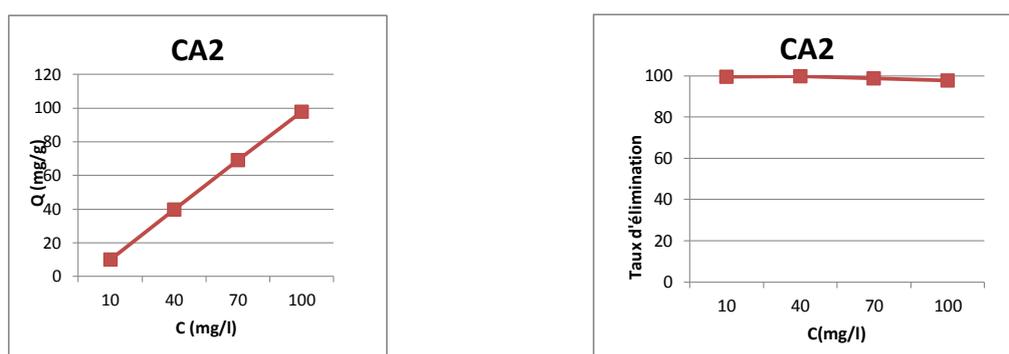


Figure13 : Effet de la concentration initiale de l'adsorbat sur la quantité adsorbé et le taux d'élimination. (Cas de CA2).

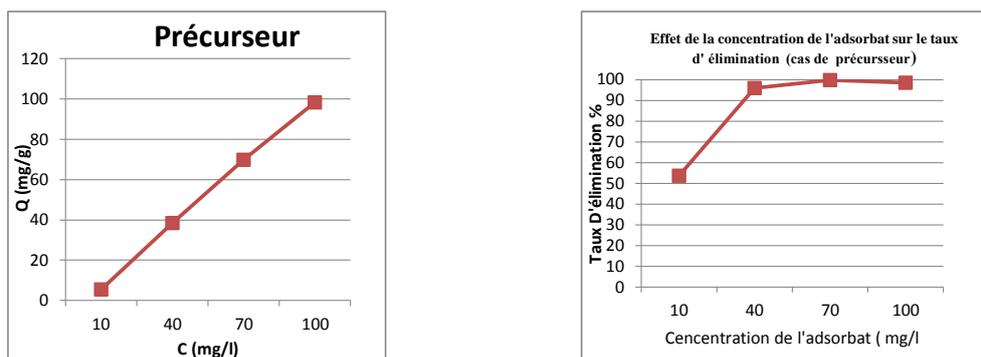


Figure 14 : Effet de la concentration initiale de l'adsorbant sur la quantité adsorbée et le taux d'élimination. (Cas de Précurseur).

Les résultats montrent que la capacité d'adsorption de CA1, CA2, et de Précurseur augmente avec l'augmentation de la concentration initiale de colorant BM jusqu'à la concentration de 100 mg/l, il y a une possibilité d'adsorption au-delà de cette concentration.

Les trois adsorbants possèdent un taux d'éliminations proches de 100 % dans toutes les concentrations, sauf dans le cas de précurseur ; à faible concentration 10 mg/l le taux d'élimination est égal 52%, puis il augmente jusqu'à la valeur 100% dans les autres concentrations.

C) Effet de la masse de l'adsorbant :

Dans des erlenmeyers contenant 100 ml de la solution colorée à 100 mg/l nous avons introduit des masses croissantes de CA1, CA2, et Précurseur de 0.05 g à 3 g, le mélange ainsi obtenu a été ensuite agité (200tr/min) pendant 260 minutes les surnageants obtenus ont été analysés pour déterminer la concentration résiduelle de colorant, les figures suivantes illustrent les résultats obtenus.

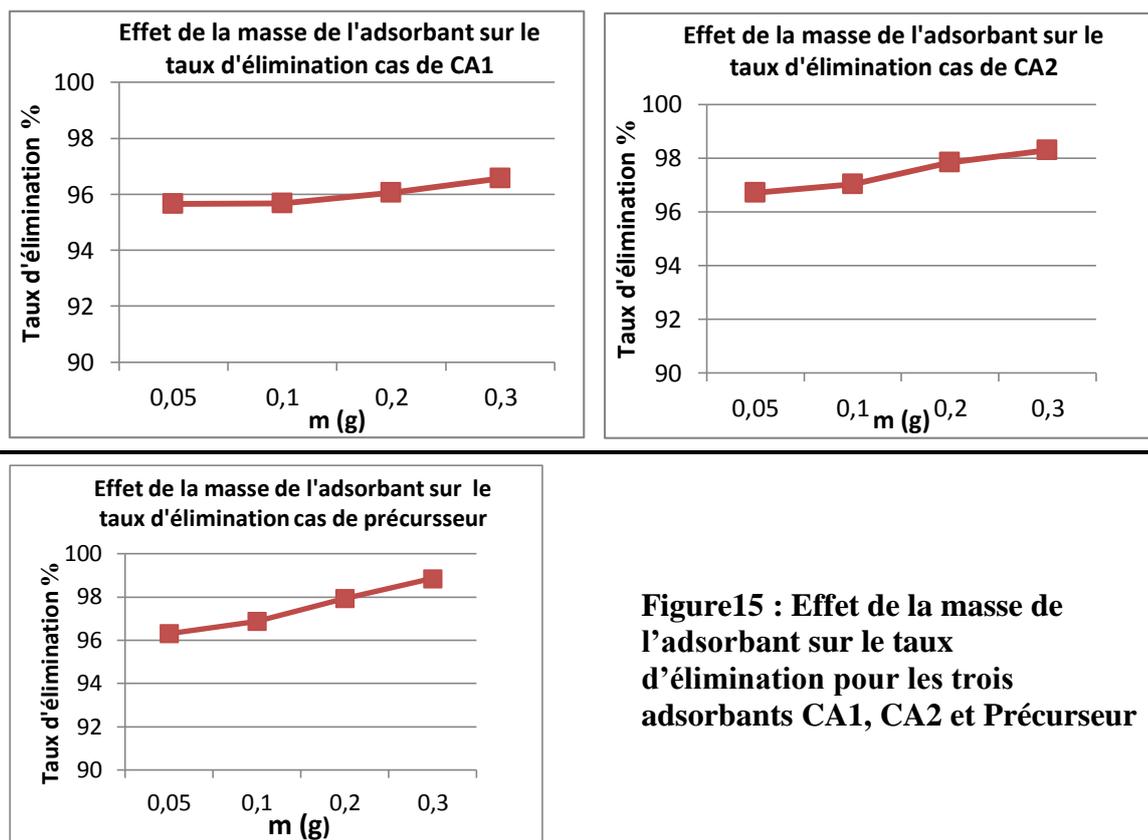


Figure15 : Effet de la masse de l'adsorbant sur le taux d'élimination pour les trois adsorbants CA1, CA2 et Précurseur

Comme nous pouvons le constater, la concentration résiduelle de l'adsorbant diminue avec l'augmentation de la masse de l'adsorbant utilisé, en effet une décoloration de 97 % a été obtenue avec l'utilisation de 0.05 g de l'adsorbant dans les trois cas. Au-delà de cette masse L'augmentation de la dose de l'adsorbant fait croître légèrement le taux d'élimination.

d)Effet de pH de la solution aqueuse :

Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption, du fait qu'il peut influencer à la fois la structure d'adsorbant et d'adsorbat ainsi que le mécanisme d'adsorption, dans ce travail nous avons étudié l'efficacité d'adsorption d'un colorant en variant le pH de 2 à 10 l'aide d'une solution d'acide chlorhydrique HCl (0.1N) ou de la soude NaOH (0.1N) selon le pH voulu. Sous ces conditions de pH, une masse de 0.1g de l'adsorbant a été agitée dans 100 ml de la solution colorée à 100 mg/l, les résultats obtenus lors de ces essais, sont présentés sur la figure 16.

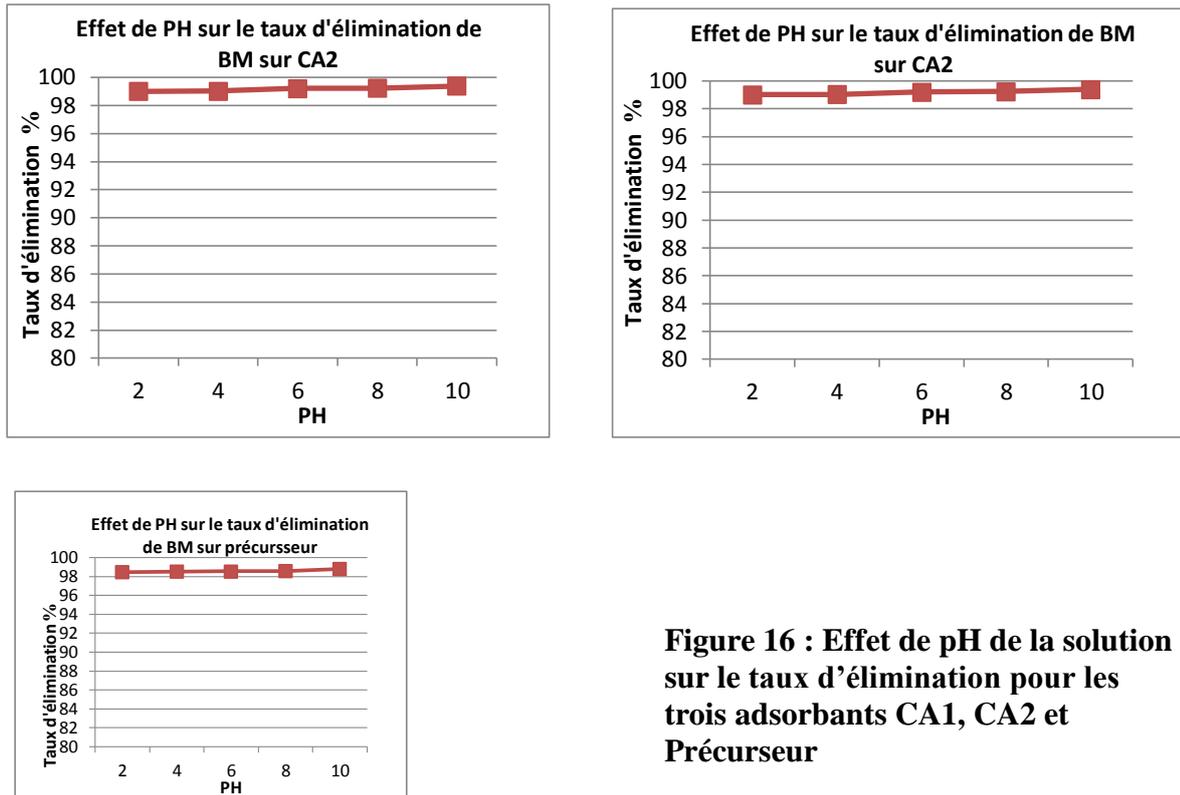


Figure 16 : Effet de pH de la solution sur le taux d'élimination pour les trois adsorbants CA1, CA2 et Précurseur

Les résultats obtenus montrent que la décoloration est peu influencée par la variation du pH, A la lumière de ces résultats, tous les essais de décoloration ont été effectués à pH naturel de la solution colorée (entre 6 et 7).

V.6.2 Validation des modèles cinétiques :

Dans le but d'examiner le mécanisme du processus d'adsorption, nous avons considéré des modèles cinétiques pour analyser nos résultats expérimentaux, plusieurs modèles comme le modèle cinétique de pseudo-premier ordre et le modèle cinétique de deuxième ordre sont appliqués en système batch dans le but de décrire le phénomène de transport de l'adsorbant dans les pores de l'adsorbant.

V.6.2.1 Modèle de pseudo-premier ordre :

Ce système peut être décrit par la relation : $(dq/dt) = K_1 (q_e - q_t)$.

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

q_t (mg/g) : quantité adsorbée à l'instant t.

K_1 : constante de vitesse de Lagergren.

L'intégration de cette équation entre 0 et t (t=0, q=0 et à t=t q=q_t) permet d'obtenir la forme linéaire de Lagergren. : $\ln (q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 t$.

Le tracé la courbe $\ln (q_e - q)$ en fonction de t permet de déterminer la constante K₁ et la quantité adsorbée à l'équilibre q_e.

Les paramètres de ce modèle pour les différents systèmes étudiés ont été rassemblés dans le tableau ci-après :

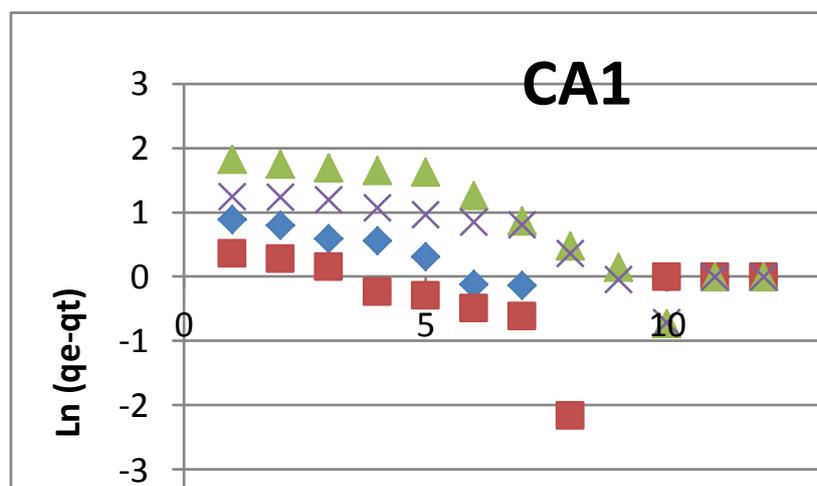


Figure 17 : Cinétique d'adsorption du BM sur le charbon actif CA1 [pH=6.1± 0.1, T=25 ±5°C, CBM=100mg/l] : modèle de pseudo-premier ordre

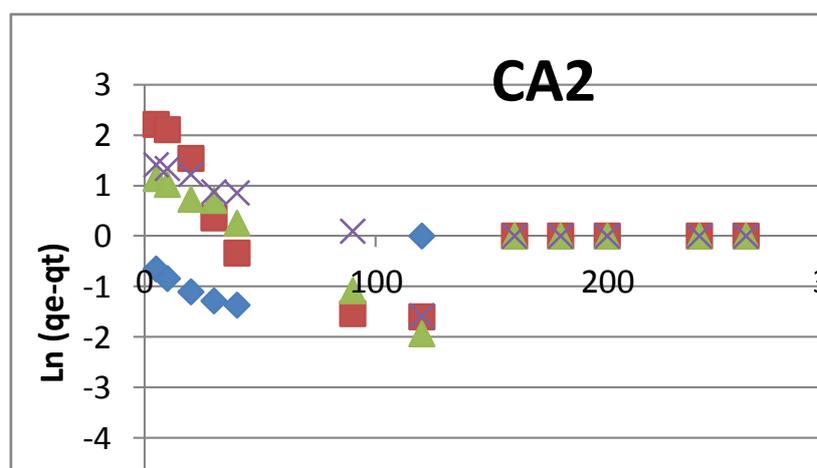


Figure 18 : Cinétique d'adsorption du BM sur le charbon actif CA2 [pH=6.1± 0.1, T=25 ±5°C, CBM=100mg/l] : modèle de pseudo-premier ordre

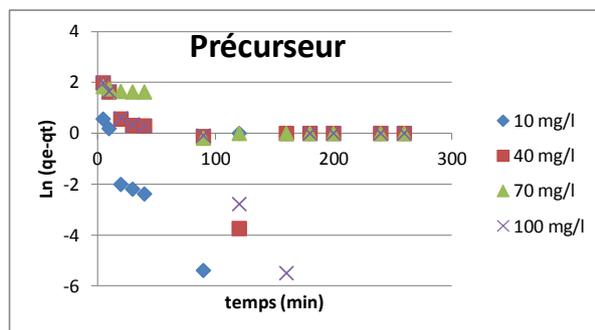


Figure19 : Cinétique d'adsorption du BM sur le Précurseur [pH=6.1± 0.1, T=25 ±5°C, CBM=100mg/l] : modèle de pseudo-premier ordre

Tableau7 : Constantes de vitesse et quantités adsorbées à l'équilibre calculées à partir du modèle du pseudo premier ordre et celle déterminées expérimentalement pour les systèmes BM-CA1, BM-CA1 et BM-Précurseur respectivement.

	C (mg/l)	q _e modèle	q _e exp	K ₁	R ²
CA1	10	2.4089	8.3692	0.2005	0.1789
	40	1.1534	38.3980	0.1113	0.1026
	70	10.3522	69.8980	0.2242	0.8506
	100	5.0354	96.0807	0.1594	0.7996
CA2	10	0.2027	9.9557	-0.0062	0.1378
	40	2.4917	39.9028	0.0061	0.2164
	70	1.6401	69.1721	0.0038	0.1641
	100	2.7242	97.7346	0.0058	0.4080
Précurseur	10	0.1956	5.3692	-0.0061	0.1081
	40	1.9487	38.3692	0.0053	0.1259
	70	4.9803	69.8932	0.0081	0.7270
	100	1.8224	98.4076	0.0079	0.1372

V.6.2.2 Modèle de pseudo-deuxième ordre :

Ce modèle s'exprime selon l'équation : $dq_t/dt = k_2 (q_e - q_t)^2$

k_2 : constante de vitesse du modèle cinétique du 2^{ème} ordre ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)

L'intégration de cette équation entre 0 et t pour le temps et entre 0 et q_t pour la quantité adsorbée permet d'obtenir la forme linéaire du modèle de pseudo-second ordre :

$$1/q_t = 1/(k_2 q_e^2) + (1/q_e)t$$

Le tracé de la courbe $1/q_t$ en fonction de t permet de déterminer la constante k_2 et la quantité adsorbée à l'équilibre q_e .

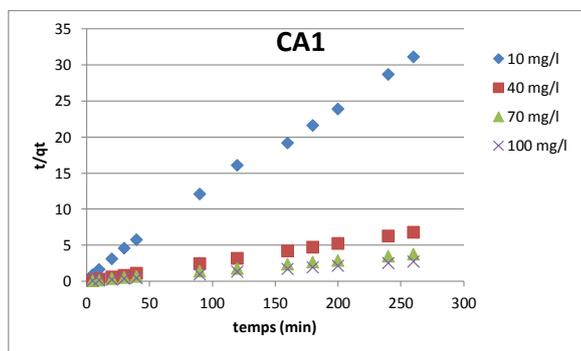


Figure20 : Cinétique d'adsorption du BM sur le charbon actif CA1 [pH=6.1± 0.1, T=25 ±5°C, CBM=100mg/l] : modèle de pseudo-second ordre.

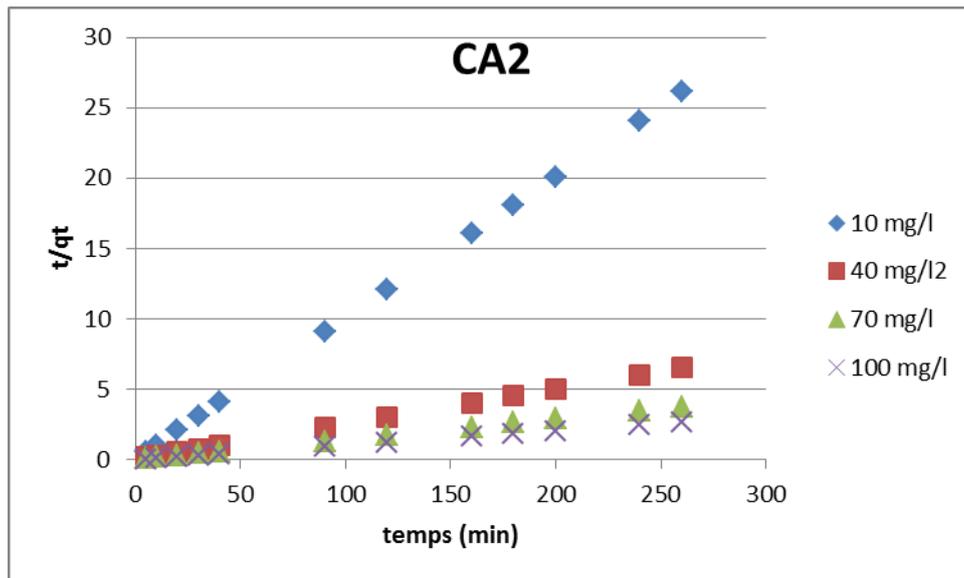


Figure 21 : Cinétique d'adsorption du BM sur le charbon actif CA2 [pH=6.1± 0.1, T=25 ±5°C, CBM=100mg/l] : modèle de pseudo-second ordre

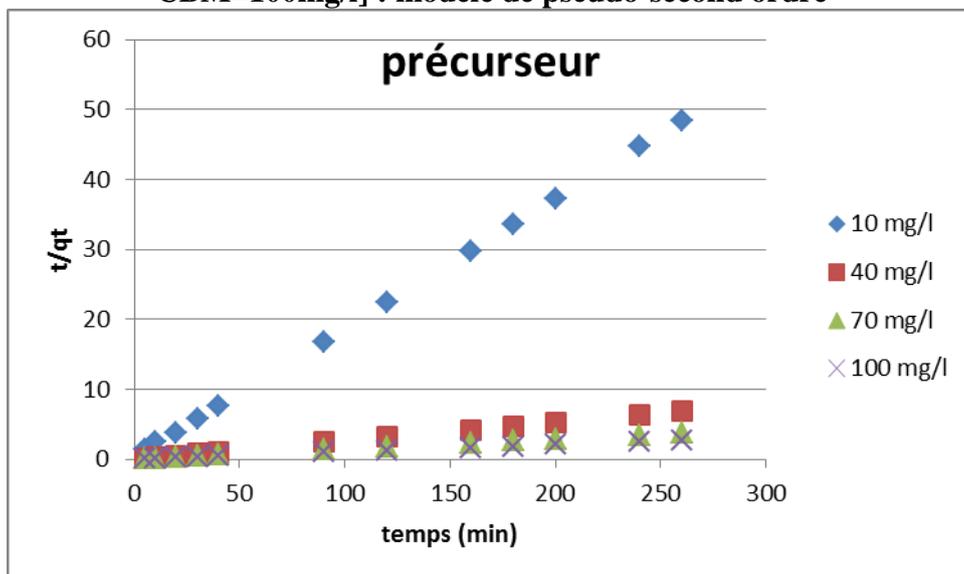


Figure 22 : Cinétique d'adsorption du BM sur le Précurseur [pH=6.1± 0.1, T=25 ±5°C, CBM=100mg/l] : modèle de pseudo-second ordre.

Le tableau suivant regroupe les valeurs des constantes de vitesse de second ordre et les quantités : adsorbées :

Tableau 8 : Constantes de vitesse et quantités adsorbées à l'équilibre calculées à partir du modèle du pseudo second ordre et celle déterminées expérimentalement pour les systèmes BM-CA1, BM-CA1 et BM-Précurseur respectivement.

	C (mg/l)	q _e modèle	q _e exp	K ₂	R ²
CA1	10	8,5910	8.3692	0,0156	0.9979
	40	38,4615	38.3980	0,0331	1.0000
	70	69,9300	69.8980	0,0056	0.9997
	100	96,1538	96.0807	0,0091	0.9999
CA2	10	9,9900	9.9557	0,1600	1.0000
	40	40,3225	39.9028	0,0137	1.0000
	70	69,4444	69.1721	0,0232	1.0000
	100	98,0392	97.7346	0,0144	1.0000
Précurseur	10	5,4083	5.3692	0,1276	0.9999
	40	38,6100	38.3692	0,0180	1.0000
	70	70,4225	69.8932	0,0084	0.9999
	100	99,0099	98.4076	0,0185	1.0000

Les résultats obtenus montrent que le modèle de second ordre décrit mieux le processus d'adsorption de tous les systèmes étudiés. Ce modèle présente un facteur de corrélation très élevé ($R^2 \geq 0.99$) pour tous les systèmes étudiés), nous remarquons aussi que les quantités adsorbées calculées par ce modèle sont très proches des quantités adsorbées expérimentalement.

V.6.3. La modélisation des isothermes d'adsorption :

Les figures 12a, 13b et 14b qui expriment la variation de la quantité adsorbée en fonction de la concentration à l'équilibre montrent que les isothermes obtenues appartiennent principalement aux types C, ce type correspondent à une grande affinité entre l'adsorbat et la surface de l'adsorbant(x).

Le C-type isotherme d'adsorption se caractérise par une partition constante entre la solution et le substrat jusqu'à un palier. La linéarité montre que le nombre de sites libres reste constant au cours de l'adsorption. Ceci signifie que les sites sont créés au cours de l'adsorption. Ce qui implique que les isothermes de cette classe sont obtenues quand les molécules de soluté sont capables de modifier la texture du substrat en ouvrant des pores qui n'avaient pas été ouverts préalablement par le solvant [42] .

Il existe des nombreux modèles théoriques qui ont été développés pour décrire les isothermes d'adsorption cependant dans cette partie de ce chapitre, nous nous intéressons seulement aux modèles de Langmuir et Freundlich, car ils sont les plus simples et les plus répandus. Ces isothermes d'adsorption peuvent être obtenus par la représentation graphique de $q_e = f(c_e)$.

V.6.3.1. Le modèle de Langmuir :

La linéarisation de l'équation de Langmuir donne lieu à la forme :

$$1/q_e = (1/b q_m) \cdot 1/c_e + 1/q_m$$

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

q_m : quantité nécessaire pour couvrir la surface d'un gramme d'adsorbant d'une couche monomoléculaire de soluté ou c'est la capacité maximale.

$b = KL$ constante de Langmuir.

C_e : concentration à l'équilibre (finale) dans la solution (mg/l).

Ce modèle basé sur quatre hypothèses :

- L'adsorption est réversible, donc essentiellement physique, et conduit à un équilibre dynamique entre l'espèce libre et les sites occupés ;
- Tous les sites d'adsorption sont équivalents ;
- L'aptitude d'une molécule à s'adsorber sur un site donné est indépendante de l'occupation des sites voisins ;
- La surface du solide est uniforme, c'est-à-dire parfaitement plate à l'échelle microscopique [43].

V.6.3.2. Le modèle de Freundlich :

L'équation linéaire de Freundlich est donnée par :

$$\ln q_e = \ln(K_f) + (1/n) \cdot \ln(C_e)$$

Selon Freundlich, cette équation admet les hypothèses suivantes :

- Adsorption en multicouche.
- Site d'adsorption énergétiquement hétérogène.
- Pas de capacité maximale d'adsorption.
- Interaction adsorbant- adsorbant prise en compte ;
- Limitation en milieu dilué ; le modèle n'est utilisable que dans le domaine des faibles concentrations.
- Les sites d'adsorption les plus forts vont être occupés les premiers et la force de liaison diminue avec l'augmentation du degré d'occupation de sites.

Sur les figures suivantes, sont présentés les droites de la régression linéaire de Langmuir et Freundlich pour caque système étudié en utilisant q_e et C_e déterminés expérimentalement.

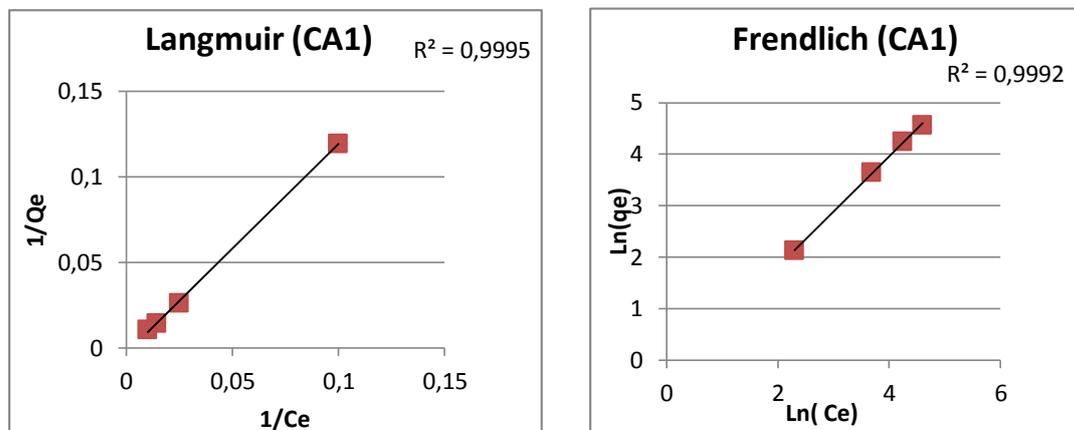


Figure 23 : Application des modèles de Langmuir et Freundlich pour le système : BM-CA1.

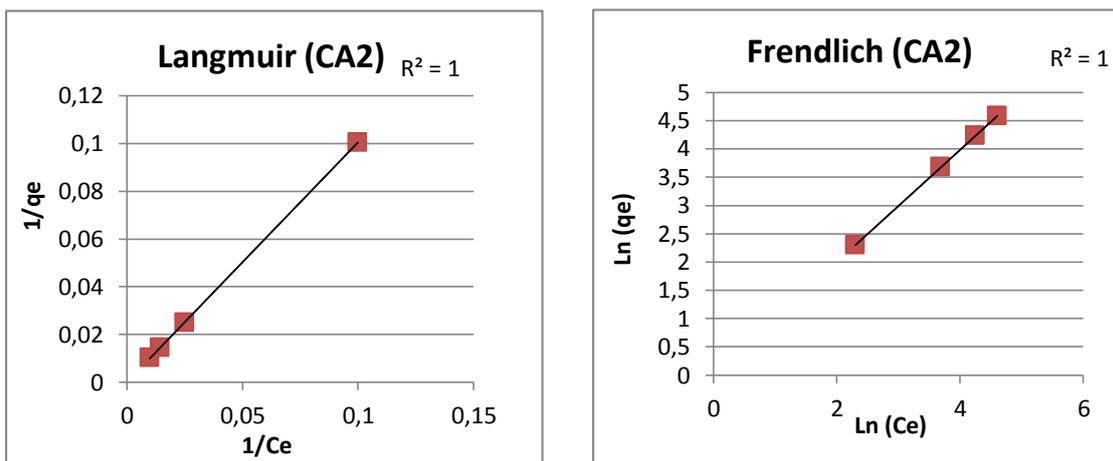


Figure 24 : Application des modèles de Langmuir et Freundlich pour le système : BM-CA2.

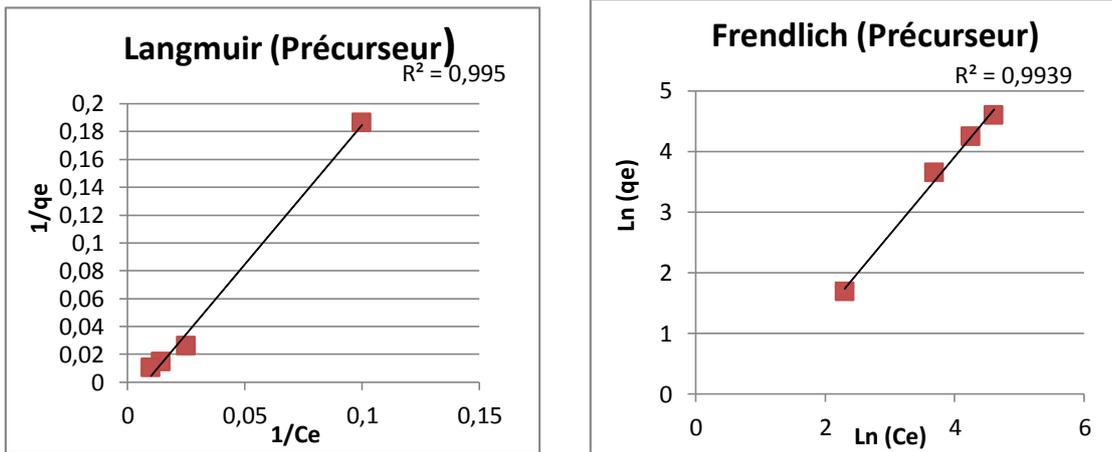
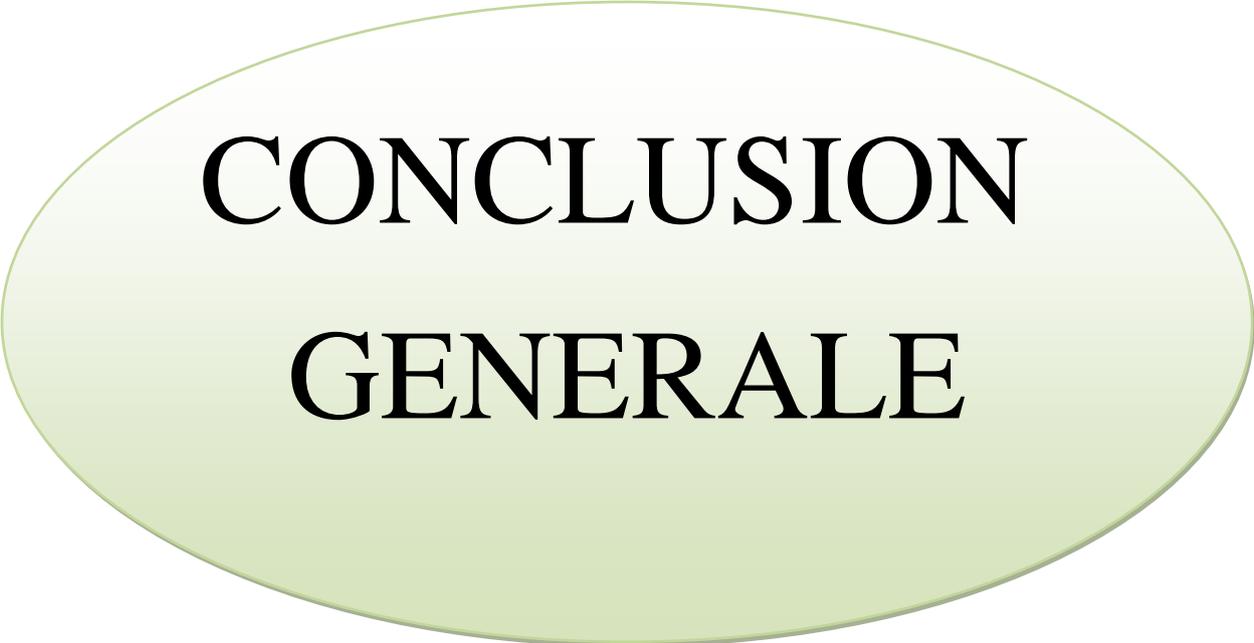


Figure 25 : Application des modèles de Langmuir et Freundlich pour le système : BM-Précurseur.

La modélisation des isothermes d'adsorption des trois systèmes par les deux formes de régression linéaire de modèle de Langmuir et modèle de Freundlich a conduit à des coefficients de régression ($R^2 \geq 0.999$), les meilleurs résultats ont été obtenus avec le système BM-CA2. avec une valeur de $R^2=1$

Les deux modèles sont adéquats pour la modélisation des isothermes d'adsorption des trois Systèmes.



**CONCLUSION
GENERALE**

Conclusion générale

Cette étude s'inscrit dans les procédés de traitement des eaux usées polluées par les colorants de textiles, l'étude de l'adsorption a été réalisée dans un système batch.

La caractérisation des trois adsorbants a montré que les taux d'humidité pour les trois adsorbants précurseur, CA1 CA2, sont 3.2%,0.880%,0.868 ,les taux des matières volatiles ;9.32%,6.32%,5.37%, les taux de cendre ; 0.246%,0.951%,0.949% et les taux de Carbone fixe égales ;87.234%,91.849%,98.813%.pour les trois adsorbants successives.

L'étude de l'adsorption en batch sur les trois systèmes : précurseur-bleu de méthylène, charbon actif 1-bleu de méthylène, et charbon actif 2-bleu de méthylène. Utilisés a montré une efficacité d'adsorption avec un taux d'élimination de 98 % dans les conditions normales.

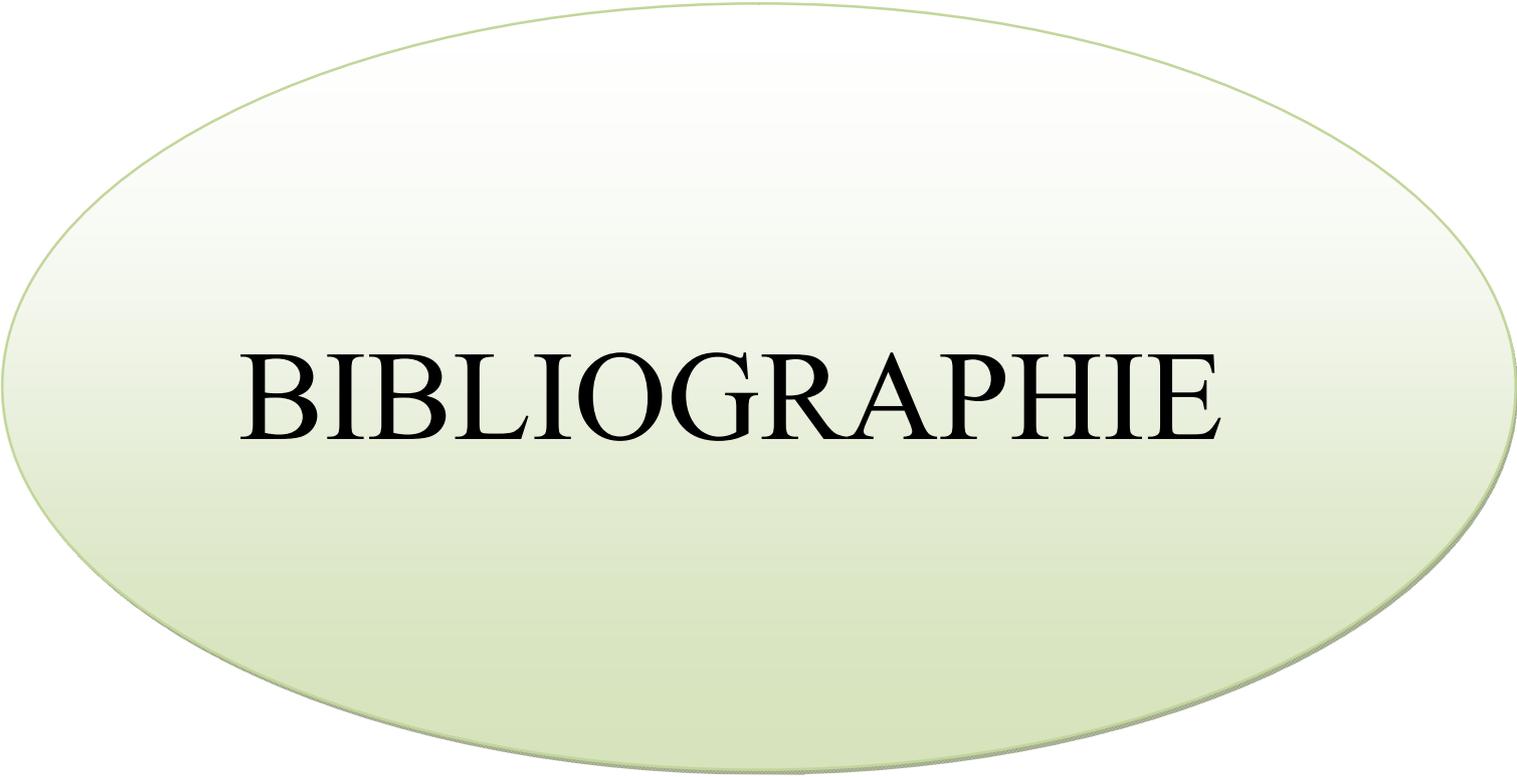
L'effet de quelques paramètres influençant l'adsorption a montré que la cinétique de fixation du bleu de méthylène sur les trois adsorbants est rapide, le pourcentage de décoloration est peu influencé par la variation du pH et peut atteindre 98% à pH neutre. Le taux de décoloration est 96% pour une masse d'adsorbant de 0.5g/l et varie légèrement avec l'augmentation de la masse au-delà de cette masse.,

La concentration de l'adsorbat joue un rôle important, plus la concentration de BM est augmentée plus les trois matériaux adsorbent mieux, jusqu'à un taux d'élimination de 99 % observé à la concentration de 100 mg/l.

La cinétique d'adsorption pour les trois adsorbant est représentée au-mieux par le modèle de pseudo-second ordre ($R^2=1$), et de la classification des isothermes d'adsorption nous avons conclu que les isothermes d'adsorption des trois systèmes sont de types C.

Les isothermes d'adsorption de colorant par les trois adsorbants sont décrites de manière satisfaisante par les deux modèles de Langmuir et de Freundlich.

Il ressort de cette étude que ces matériaux sont de bons adsorbants à pH neutre et à la température normale. Ces résultats sont intéressants et nous incitent à tester d'autres éléments chimiques susceptibles de contaminer les eaux.



BIBLIOGRAPHIE

Référence bibliographique

- [1] **METAHRI. M 2012** ..« Elimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée des eaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la Step est la ville de Tizi-ouzou » Université Mouloud Mammeri de Tizi-ouzou. Thèse de doctorat.
- [2] **JATTAB, S.2011**.Amélioration de la qualité microbiologique des eaux usées épurées par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre a sable local .
- [3] **DJEDDI H , 2006**. « Utilisation des eaux d'une station d'épuration pur irrigation des essence forestière urbaines ».Université Mentouri Constantine. Thèse de magistère
- [4] **V. Gomez, M.S. Larrechi, M.P (2007)**.Callao, Kinetic and adsorption study of acid dye removal using activated carbon, Chemosphere 69 1151–1158.
- [5] **Meinck F. Stoof .KohlshutterH ;1977** .Les eaux résiduaires industrielles. Ed. Masson. Paris.
- [6] **J. Perrin et J.P. 1995**.Scharff. Chimie industrielle tomeII. Ed. Masson. France.
- [7]**CARDOT, 1999**
- [8] **BASSOMPIERRE, 2007)**
- [9] **ADEME**. Organisation et fonctionnement d'une station d'épuration. ademe.fr.
- [10] Fondation de l'Eau Potable Sûre. Traitement des eaux usées. safewater.org.
- [11] **Daneshvar N., Salari,D., Khatace,A.R., 157 (2003) 111**.
- [12]**Paya J.,Monzo J.,Borrachero M.V., Peris E., Amajour F.;30(2000)543**.
- [13]**El krati ,M ;2000**these de doctorat dEtat ,faculte des science ,universitechouaibidoukkali, El jadida,maroc
- [14]**Gherbi , N; 2008**. Thèse de doctorat faculté des sciences de l'ingénieur, Departement de chimie industrielle .université
- [15]**panuzos ,rovel, j.M; 2000**.leau ,lindustrie ,les nuisances 235.123
- [16]**Makhlouf ,M; Hamacha, R ; 2013**. 3.1116
- [17]: **Zhenwang L., Zhenlu C., 2000** .The PT dye molecular structure and its chromophoricluminescences mechanism. 15th World Conference on Non-Destructive Testing, 15-21 October . Rome

Référence bibliographique

- [18] **Z.Carmen,S.Daniela, 2012** .Textile Organic Dyes-Characteristics, Polluting Effects and Separation /Elimination Procedures from Industrial Effluents-A Critical Overview, Organic Pollutants Ten Years After the Stockholm Convention-Environmental and Aanalytical Update, Edition Dr.TomaszPuzyn)55-87
- [19]**Abed. F, , 2011** . « Etude de la décoloration des eaux sur les matériaux naturels noyaux de datteset grignons d'olives », Mémoire Magister, Université de Boumerdes
- [20] **NAIT MERZOUG. N, 2014**. « Application des tiges de dattes dans l'adsorption des polluants
- [21] **Sophie De Reguardati, William Barthe,2012** « Les colorants organiques utilisés en Mémoire Magister, Université de Souk Ahras,
- [22]**Babuponnusami, K. Muthukumar ,**Areview on fenton and improvements to the fenton process for wastewater treatment. Journal of Environnement Chemical Engineering , 2(2014)557-572.
- [23]**Ben MansourH ,Boughzala OU et al (2011)**.Les colorants textiles sources de contamination de l'eau: criblage de la toxicité et des méthodes de traitement." Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science **24**(3): 209-238,
- [24] **Benamraoui. F,2014** . Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture », Mémoire de Magister, Université de Sétif,
- [25] **MERZOUG. N, 2014** ,Application des tiges de dattes dans l'adsorption des polluantsorganiques », Mémoire Magister, Université de Souk Ahras
- [26]**khezami L ,2010** . total valorisation of redcedarsawmillswastesby instantaneouscontroled pressure drop process .isolation of extractive and production of activedcarbon frome the solide residue .
- [27]**SediraN ,2012/2013**. Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes, Mémoire de Magister, Université Mohamed Chérif Massaadia Souk-Ahras.
- [28] **Bouaziz A ,2009**. Biosorption du nickel par la biomasse Pleurotusmutilus, EcoleNationale polytechnique.

Référence bibliographique

- [29] **BOUZIANE N.2007** . Elemination du 2_mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur le bentonit et lr charbons actif en poudre ,Mémoire de master UniversitéMentouri _Constantine
- [30] **Kushwaha ,S et al ;2013**. An insight in to the production characterization and mechanism of action of low-cost adsorbents for remouval43 ;pp 443 /549
- [31]**YahiaouiN, 2012**. Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive surcarbonate de calcium hydroxyapatite et charbon actif », Mémoire de Magister, Université de TiziOuzou
- [32] **Bougedah N,2007**.étude de l'adsorption de micropolluant organique sur la bentonite , thèse de magister , université de Skikda
- [33]**Messemeche F, 2014**. Etude qualitative et quantitative de l'adsorption d'un colorant organique sur le charbon actif », Mémoire de Master, Université Biskra,
- [34]**AKSAS H, 2013**. Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des métaux lourds parl'utilisation des adsorbants naturels », Thèse Doctorat, Université Boumerdes,
- [35] **Giles. C. H, D. Smith**, "A general treatment and classification of the solute adsorption isotherm. I. Theoretical." *Journal of Colloid and Interface Science* **47**(3): 755-765, (1974)
- [36] **Ubago R . Pérez, F. 2006**).Carrasco-Marin, D. Fairén- Jiménez, C. Moreno-castilla. Granular and monolithic activated carbons from KOH-activation of olive stones. *Microporous Mesoporous Mater.* 64-70.
- [37]**L.Mouni, D.Merabet, 2013** .Removal of Pb(II) from aqueous solution by adsorption using activated carbon developed from Apricot stone», *Desalination and Water Treatment*, 276, p148–153
- [38] **Meunier N , 2003**.fastephotospherique flow and magnetic fieled in a flaring active region
- [39] **Masel, 1996 ; Slejko et Dekker, 1985**.
- [40] **BELKEBIR. Z,2007**. Valorisation des dechet Agro_Alimentaire cas des grignons dolive, Mémoire de Magister, Université de Boumerdes,
- [41]**IBN GHAZALA.M, 2009**.synthèse des complexes organo et inorgano-pyrophyllite et leurapplication dans le traitement des eaux chargées en métaux lourds », Thèse Doctorat, Université Agdal,

Référence bibliographique

- [42] **KHAMLA N, 2015.** couplage coagulation-floculation suivi par l'adsorption sur charbonactif pour élimination du Zinc (II) chargée dans l'eau saumâtre », Mémoire de Master, Université Biskra
- [43] **AKSAS. H, 2013 .** Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels », Thèse Doctorat, Université Boumerdes,
- [44] **BOUCHELKIA N , 2015 .** Étude de l'élimination du plomb et du zinc par adsorption sur un charbon actif préparé à base des noyaux de jujube
- [45] **CASTELLO D.L., RODENS M. A. et al (2001).** Preparation of activated carbons from Spanish anthracite, I. Activation by KOH. Carbon. Vol.39, 741-749.
- [46] **EL-HENDAWY A. A. (2003).** Influence of HNO₃ oxidation on the structure and adsorptive properties of corn-cob-based activated carbon. Carbon, Vol.41, 713-722.
- [47] **WU F., TSENG R., HU C. (2005).** Microporous and mesoporous materials. Carbon, Vol.80, 95-106.
- [48] **LEGROURI K., KHOUYA E.,** Characterization and evaluation performance of activated carbon prepared from coconut shell organ. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, Vol.4, N°12, 5081-5088.
- [49] **GIRGIS B., YUNIS S., SOLIMAN (2012). A.M. (2002).** Characteristics of activated carbon from peanut hulls in relation to conditions of preparation. Materials letters, Vol.57, 164-172.
- [50] **WELHAM N.J., CHAPMAN P.G. (2000).** Mechanical activation of coal. Fuel processing technology, Vol.68, 75-82.
- [51] **Trachi M , Bourfis N, et al (2014) .** Préparation et caractérisation d'un charbon actif à partir de la coquille d'amande (*Prunus amygdalus*) amère. "Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement **18**(4): 492-502,
- [52] **Mouchet. P,(2000) .** Traitement des eaux avant utilisation. Substances dissoutes, Ed. Techniques Ingénieur, G 1 171,
- [53] **Lamri N .** Elimination du colorant organique en solution aqueuse par voie photochimique et par adsorption optique chimie analytique physique et environnement

Référence bibliographique

[54] **O. Joseph ,1998** .Etude du potentiel d'utilisation de résidus agricoles haïtiens pour le traitement par bio sorption d'effluents pollués. École doctorale Chimie de Lyon 115-154

[55] **Y. S. HO, G. Mckay.** Sorption of dye from aqueous solution by peat. Chem. Eng. J. 70

[56]**MolinaM ,Sabio, . Rodriguez F .et al .(1996).**Sellès. Development of porosity in combined phosphoric acid-carbon dioxide activation. Carbon, 34 457-462.

[57] **A. Demirbas.2009** .Agricultural based activated carbons for the removal of dyes from aqueoussolutions: a review, Journal of Hazardous Materials 167) 1–9.

[58] **Tavlieva M , Genieva SD .2013** .Vlaev.Kinetic study of brilliant greenadsorption from aqueous solution onto white rice husk ash. Journal of Colloid and InterfaceScience 409) 112–122.

[59] **R. Kumar ,M.A. Barakat.** Decolorization of hazardous brilliant green from aqueous

[60]**Koller, E .2001** .Génie chimique», Edition Dunon

[61] **TrachiM .BourfisN , 2014** .Préparation et caractérisation d'un charbon actif à partir de la coquille d'amande (*Prunus amygdales*) amère. «Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement 18(4): 492-502

[62]**Sophie R, Barthe,W .2012** .Les colorants organiques utilisés en Teinturerie : aspects physico-chimiques », Museum national d'histoire naturelle,

[63]**Ben Mharek S 2015** .valorisation des sous_ produits de palmier et leurs utilisation

[64] **BELGUIZ N 2014** .Préparation alimentaire a base de datte en Algérie description et diagramme de fabrication .

[65]**MADANI. M,2014**. Adsorption d'un colorant basique (Bleu de méthylène) sur différents adsorbants (charbon actif en poudre, charbon en grain et la bentonite », Mémoire de Master, Université Biskra.

Annexe

Analyses du RC par spectrophotométrie dans le visible :

La spectroscopie dans l'UV-visible est en général limitée à des molécules comportant des groupements dits « chromophores », c'est-à-dire présentant une forte absorption dans le domaine spectral envisagé.

Le principe de la spectroscopie UV - visible repose sur la variation de l'intensité d'un faisceau lumineux de longueur d'onde déterminée. Lorsque celui-ci traverse la solution, une partie de son rayonnement est absorbée par les molécules présentes dans la solution, l'autre partie est transmise. L'absorption de radiations électromagnétiques s'effectue dans les régions UV (200-400 nm) et visible (400-800 nm).

La loi qui permet de relier l'intensité d'absorption à la concentration est celle de Beer Lambert: $\log(I/I_0) = \epsilon \cdot LC$

I_0 : intensité du faisceau incident.

I : intensité du faisceau émergent.

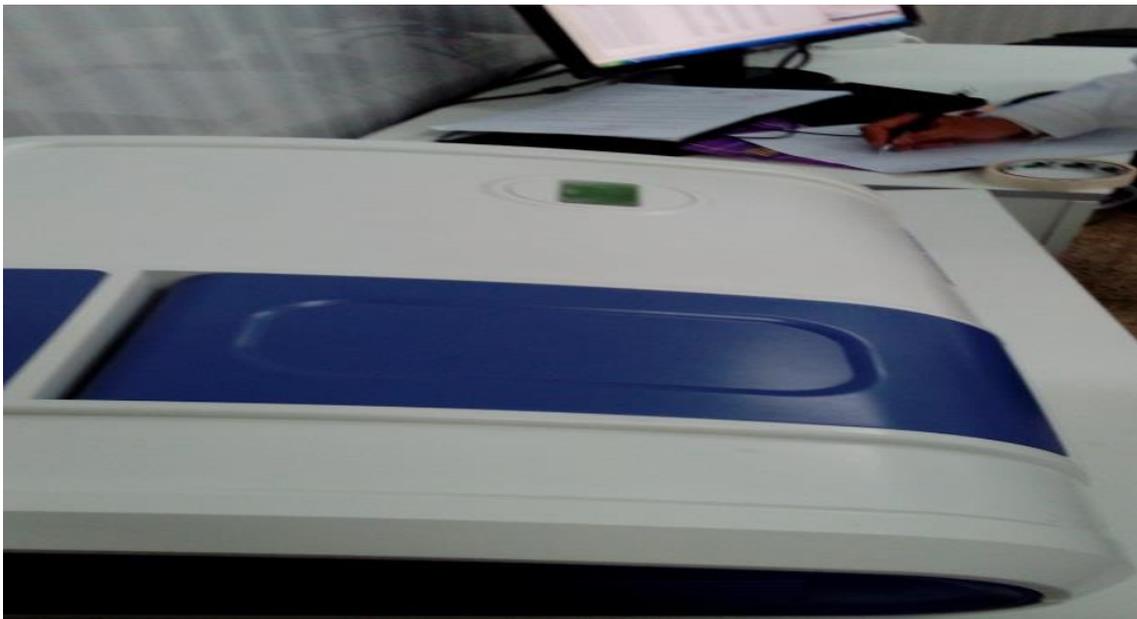
C : concentration de la solution à analyser.

ϵ : coefficient d'absorption molaire (sa valeur dépend de la longueur d'onde).

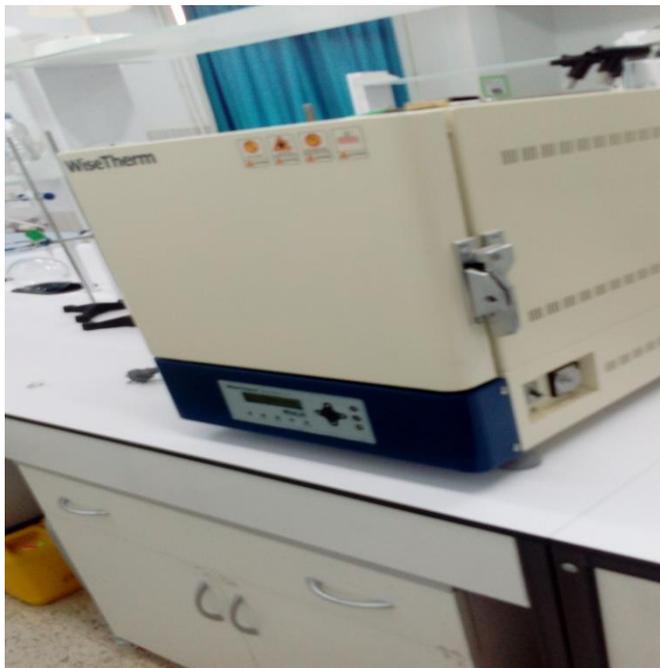
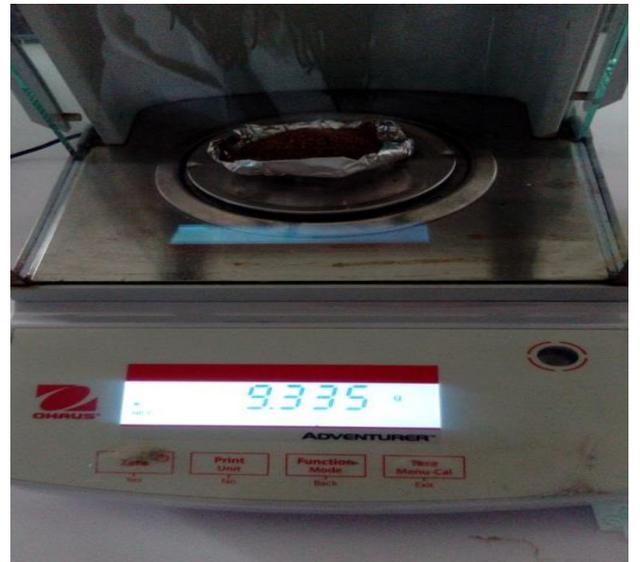
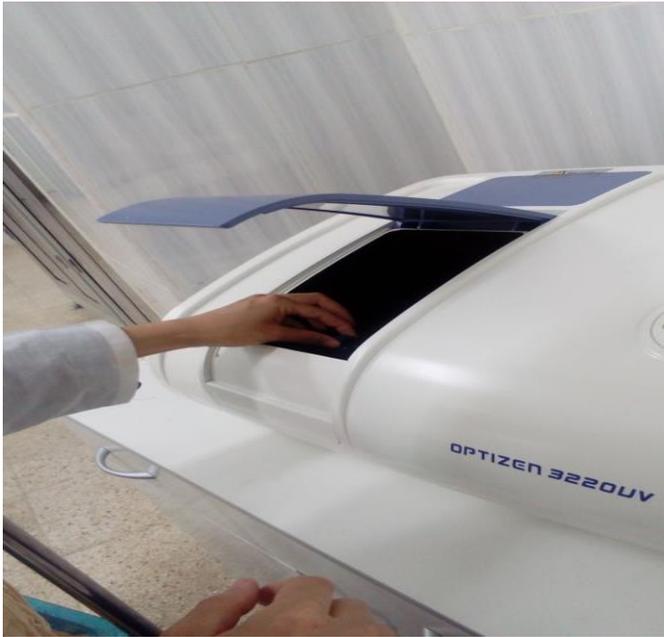
L : épaisseur de la cuve.

On appelle absorbance ou densité optique, l'expression devient comme suit : $A = \epsilon \cdot LC$

Dans la présente étude, les Spectrophotomètre UV/visible type (SP).



Annexe



Résumé :

L'adsorption est la méthode la plus utilisée pour la dépollution. Notre étude a porté sur la valorisation des noyaux de dattes. Trois adsorbants ont été testés pour évaluer le taux de rétention du bleu de méthylène. Les résultats ont montré que l'adsorption en batch sur les trois systèmes : précurseur-bleu de méthylène, charbon actif 1-bleu de méthylène, et charbon actif 2-bleu de méthylène utilisés a montré une efficacité d'adsorption avec un taux d'élimination de 98 % dans les conditions normales. La cinétique de fixation du bleu de méthylène sur les trois adsorbants est rapide, le pourcentage de décoloration est peu influencé par la variation du pH. Le taux de décoloration est 96% pour une masse d'adsorbant de 0.5g/l et varie légèrement avec l'augmentation de la masse au-delà de cette valeur. La capacité d'adsorption augmente proportionnellement avec la concentration un de bleu de méthylène et atteint un taux d'élimination de 99 % à une concentration de 100 mg/l. La cinétique d'adsorption pour les trois adsorbant est représentée au-mieux par le modèle de pseudo-second ordre ($R^2=1$), et de la classification des isothermes d'adsorption nous avons conclu que les isothermes d'adsorption des trois systèmes sont de types C. Les isothermes d'adsorption de colorant par les trois adsorbants sont décrites de manière satisfaisante par les deux modèles de Langmuir et de Freundlich. Il ressort de cette étude que ces matériaux sont de bons adsorbants à pH neutre et à la température normale.

Les mots clés : Adsorption, Charbon actif, Bleu de méthylène, noyau de datte.

Summary :

The discolouration of the rejections of textiles was the object of many studies in order to eliminate or to recover there compounds. Adsorbent is the method most used for depollution. Our study related to the valorization of the nucleus dates. Three adsorbents were tested to evaluate the rate of retention of the methylene blue. The results showed that adsorption in batch on the three systems : precursor-blue of methylene, activated carbon 1-methylene blue, and an activated carbon 2-methylene blue used to show an effectiveness of adsorption with a rate of elimination of 98% under the normal conditions. The kinetics of fixing of the methylene blue on the three adsorbents is fast, the percentage of discolouration is littly influenced by the variation of the pH. The rate of discolouration is 96% for a mass of adsorbent of 0.5g/l and slightly varied with the increase in the mass beyond this value, The capacity of adsorption proportionally increases with the concentration 1- methylene blue and reached a rate of elimination of 99% with a concentration of 100 mg/l. The kinetics of adsorption for the three adsorbent is represented at best by the model of pseudo-second order ($R^2=1$), and from the classification of the isotherms of adsorption we concluded that the isotherms of adsorption of the three systems are type C. The isotherms of adsorption of the dye by the three adsorbents are described satisfactorily by the two models of Langmuir and Freundlich. It comes out from this study that these materials are good adsorbents with neutral pH and the normal temperature.

Keywords: Adsorbent, activated carbon, blue of methylene, nucleus dates.

ملخص :

الامتصاص هي الطريقة الأكثر استعمالاً للتقبع وقد ركزنا في دراستنا على تثبيط نوى التمر. تحديد حركية الميثيلين الأزرق بالنسبة للامتصاصات الثلاث.

لقد بينت النتائج أن الامتصاص على الأنظمة الثلاثة مائلي:

الأنظمة: الميثيلين الأزرق السلانف، 1-الميثيلين الأزرق الفحم المنشط، و 2-الميثيلين الأزرق الفحم المنشط المستخدمة أظهرت كفاءة الامتزاز مع معدل إزالة 98% في ظل الظروف العادية. حركية تثبيط الميثيلين الأزرق على ثلاثة الممتزات هو السريع، ونسبة من ديكلوراثيون يتأثر قليلا من الاختلاف في درجة الحموضة. درجة تلون هو 96% لكتلة الممتزات من 0.5 غرام / لتر ويختلف قليلا مع زيادة الكتلة فوق هذه القيمة تزداد قدرة الامتزاز بشكل متناسب مع تركيز واحد من الميثيلين الأزرق وتصل إلى معدل إزالة 99% بتركيز 100 ملغم / لتر. يتم تمثيل حركية الامتصاص للامتزازات الثلاثة بشكل أفضل من خلال نموذج النظام شبه الزائفة ($R^2 = 1$)

وتصنيف إيسوثرمز الامتزاز لقد خلصنا إلى أن إيسوثيرمز الامتزاز من النظم الثلاثة هي من نوع C. و إيسوثرمز الامتصاص الصباغ من قبل الممتزات الثلاثة وصفت بشكل مرض من قبل نموذجين من لانجموير و فروندليتش. ومن الواضح من هذه الدراسة أن هذه المواد هي الممتزات جيدة في درجة الحموضة محايدة وفي الوقت المناسب.

الكلمات المفتاحية: الامتصاص، الكربون المنشط، أزرق المثلين، نواة التمر.