

République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Mouloud MAMMERY Tizi-Ouzou

Département des sciences agronomiques et biologique



Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme
Master

Spécialité : Traitement et Valorisation des Ressources Hydriques

Thème :

Adsorption des colorants sur charbon actif issue des tiges de datte et la bentonite

Réalisé par

M^{elle} MALOUM Tamazouzt

M^e FENEK Sofiane

Soutenu publiquement, devant le jury d'examen composé de :

Président : M^e MERIDJA.S M.A.A. à l'U.M.M.T.O.

Promoteur : M^e METAHRI. Md. S PROFESSEUR à l'U.M.M.T.O.

Co-promotrice : M^{me} BERROUANE.N M.A.C.C à l'U.M.M.T.O.

Examineurs: M^e BERRADJ.O M.A.A. à l'U.M.M.T.O.

Année universitaire : 2015-2016

Remerciements.

Avant tous, nous devons remercier, Dieu le tout puissant qui nous a donné d'envie et la force pour mener à terme ce travail.

Ce mémoire est le résultat du travail effectué au sein du laboratoire de traitement des eaux de la faculté des sciences biologiques et science agronomiques de l'Université de MOULOUD MAMMERI de TIZI OUZOU.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre encadreur Monsieur METAHRI M^{ed} Said, maître de conférences à l'UMMTO.

Nos vifs remerciements vont également à notre Co-promotrice Madame BERROUANE N, pour tous les efforts qu'elle a consenti tout au long de l'élaboration de ce modeste travail.

Nous tenons également à remercier Madame BACHATENE K, pour ses encouragements, ses précieux conseils, son soutien et sa gentillesse, la confiance qu'elle nous a toujours témoignée nous a été d'une grande aide.

Nous remercions chaleureusement M^e MIRIDJA S. Maître de conférences à UMMTO de nous avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire, nous sommes sincèrement reconnaissants pour l'intérêt qu'il a porté au travail et aussi pour les membres de jury qui ont pris la peine d'examiner ce travail à savoir M^e BERRADJ O.

Nous tenons également à saluer tous nos collègues rencontrés au cours de ces années passées et qui ont contribué à la bonne ambiance.

Merci.

Dédicaces

A l'aide de DIEU, le tout puissant, ce travail est achevé ;

Je le dédie à toutes les personnes qui me sont chères ;

 *A mes parents pour leurs exprimes tout le respect et l'amour que j'ai pour eux
et Pour leurs témoigner ma reconnaissance pour
tous les efforts et sacrifices qui ont entrepris à de me voir ce que je suis ;*

 *A mes frères et sœurs : Yahia, Djida et rayane*

 *A ma chère tante : Tayakout*

 *A mon binome sofiane et sa famille*

 *A tous mes amis*

 *En fin mon travaille et encore dédié a tous ceux qui on participé
aussi moindre qu'il soit dans sa réalisation*

Tamazouzt

Dédicaces

Je dédie ce modeste mémoire à ceux qui ont beaucoup sacrifié de leur temps pour mon bonheur et ma réussite.

- A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi.
- A mon très cher père, pour ses encouragements, son soutien, surtout pour son amour et son sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mes études.
- A ma chère grand-mère.
- Mon cher frère Karim.
- Mes adorables sœurs Razika, Saliha et son mari Alain, Dalila et son mari Ahcene, Samia.
- A mon oncle Mokrane et sa famille.
- A mon cher cousin Joachim.
- A mon binôme Tamazouzt et sa famille.
- A tous mes collègues de Master spécialité de TVRH 2015-2016.
- A tous mes collègues et mes ami(es) du département de science agronomie particulièrement la promo de 2009 : Wahid, Lyes...
- A tous mes amis : Hani, Ramdane, Djamel, Samih, Mahdi, Mouh, Ghilas...
- A tous mes collègues de l'association « ESPOIR » de T-O : Kamal, Ahcene, Farhat, Nassim, Yacine, Walid, Abdesslam, Rabah...
- Sans oublier Nawal, Sabrina et particulièrement Sadjia.
- A tous ceux qui sont proches de mon cœur et dont je n'ai pas cité leur nom.

Softiane

Liste des figures

Figure N°01 : Structure d'une montmorillonite.

Figure N°02 : Morphologie de la tige (pédicelle).

Figure N°03 : Photographies au microscope des tiges (branchettes) de dattiers.

Figure N°04 : Tige plus ou moins régulières.

Figure N°05 : Tige plus ou moins régulières.

Figure N°06: Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption.

Figure N°07 : Représentation graphique de la théorie du double.

Figure N°08: Cinétique du transfert d'un adsorbant au sein d'un grain du solide.

Figure N°09 : Vue schématique d'un grain de charbon actif.

Figure N°10 : Charbon actif en poudre (CAP).

Figure N°11 : Charbon actif en grain (CAG).

Figure N°12 : Charbon actif extrudé.

Figure N°13 : Isotherme et Modélisation de l'adsorption selon Langmuir.

Figure N°14 : Modèle d'adsorption en multicouche selon Freundlich.

Figure N°15 : Spectrophotomètre UV-Visible.

Figure N°16 : Schéma représentatif de mode opératoire de spectrophotomètre.

Figure N°17 : Photographies des tiges de datte au MEB à différentes résolutions

Figure N°18 : Photographies de la BNT au MEB à différentes résolutions (a)-avant l'activation (b)-après l'activation.

Figure N°19 : Les isothermes d'adsorption de BM.

Figure N°20 : Résultat d'adsorption du BM selon l'isotherme de Langmuir.

Figure N°21 : Résultat d'adsorption du BM selon l'isotherme de Freundlich.

Figure N°22 : Résultat d'adsorption du BM selon Temkin.

Figure N°23 : Influence de temps d'agitation sur le rendement d'adsorption de BM.

Figure 24 : Courbe d'étalonnage de VB.

Figure 25 : Isotherme d'adsorption de vert brillant sur le charbon élaboré.

Figure 26 : Isotherme d'adsorption de vert brillant sur le charbon commercial.

Figure 27 : Isotherme d'adsorption de vert brillant sur la bentonite activée.

Figure 28 : Isotherme d'adsorption de vert brillant sur la bentonite brute.

Figure 29 : Linéarisation des isothermes d'adsorption de vert brillant sur les différents adsorbants selon l'isotherme de Langmuir.

Figure 30 : Linéarisation des isothermes d'adsorption de vert brillant sur les différents adsorbants selon l'isotherme de Freundlich.

Figure 31 : Linéarisation des isothermes d'adsorption de vert brillant sur les différents adsorbants selon l'isotherme de Temkin.

Figure 32 : Effet de concentration initiale en vert brillant sur le rendement d'élimination sur les différents adsorbants.

Liste des tableaux

Tableau N° 1 : Principales caractéristique physico-chimique du BM.

Tableau N° 2 : Principales caractéristique physico-chimique du VB.

Tableau N°03:La différence entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique.

Tableau N°04 : Les différents types d'adsorbant.

Tableau N°05 : Principales caractéristiques du charbon activé.

Tableau N°06 : Composition chimique des fibres de tige de datte.

Tableau N° 07 : Détermination des paramètres des modèles d'adsorption.

Tableau N°08 : Evolution des rendements d'adsorption du BM sur quatre charbons actifs.

Tableau N°09 : Paramètres des modèles d'adsorption du VB et coefficient de détermination.

Tableau N° 10 : Evolution des rendements d'adsorption du VB sur quatre charbons actifs.

Liste des abréviations

A : Absorbance

Å : Angström (unité de longueur)

Al₂O₃ : Oxyde d'aluminium

BNT : Bentonite

BM : Bleu de méthylène

CA : Charbon actif

CAG : Charbon actif en grain

CAP : Charbon actif en poudre

CC : Charbon commercial

g : gramme

Kcal : Kilocalorie

K_f : Premier coefficient de l'isotherme de Freundlich

Kg : Kilogramme

MEB : Microscope électronique à balayage

nm : Nanomètre

PH : Potentiel d'hydrogène

PO₅ : Oxyde de phosphate

qe, Qe, x/m : Quantité de soluté adsorbée par unité de masse de l'adsorbant (mg/g)

Q_m : Capacité d'adsorption ultime (mg/g)

R : Rendement

T : Température

TD : Tige de datte

µm : Micromètre

UV : Ultraviolet

VB : Vert brillant

ZnCl₂ : Chlorure de zinc

Sommaire

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

Partie bibliographique

Chapitre I : colorants et environnement

I-1 pollution des eaux	3
I-2 Colorant	3
I-2-1 Généralité sur les colorants	3
I-2-2 Classification des colorants	4
I-2-2-1 classification chimique.....	4
I-2-2-2 Classification tinctoriale.....	4
I-2-3 Toxicité et impact sur l'environnement.....	5
I-2-3-1 impact sur l'environnement.....	5
I-2-3-2 Impacte dangereux sur la santé	6
I-2-4 Présentations des colorants Utilisés.....	6
I-3 Méthodes du traitement des effluents textiles	8
I-3-1 Méthodes physiques de traitement	8
I-3-1-1 Filtration sur membrane	8
I-3-1-2 Adsorption sur charbon actif (ou sur un autre adsorbant)	9
I-3-2 Méthode physico-chimiques de traitement des textiles.....	9
I-3-2-1 Coagulation – floculation.....	9
I-3-3 Méthodes chimiques de traitement de textiles.....	9
I-3-4 Méthodes biologiques de traitement.....	10
I-3-4-1 Traitement aérobie	10
I-3-4-2 Traitement anaérobie.....	10

Chapitre II : Adsorbants et phénomènes d'adsorption

II-1 Généralité sur l'adsorption	13
II-2 Types d'adsorption	13
II-2-1 Adsorption physique (physisorption).....	14
II-2-2 Adsorption chimique (ou chimisorption)	14
II-3 Cinétique d'adsorption.....	15
II- 4 Adsorbants.....	16

II-4-1 Principaux type d'adsorbant.....	16
II-4-2 Porosité et surface spécifique des adsorbants	18
II-5 Le charbon actif.....	19
II-5 1 Fabrication du charbon actif.....	19
II-5-1-1 carbonisation.....	20
II-5-1-2 Activation	20
II-5-2 Structure du charbon actif :.....	20
II-5-3 Différent formes de charbon actif	21
II-5-4 Quelques applications du charbon actif	22
II-6 Généralité sur les argiles	23
II-7 Facteurs influençant l'adsorption	23
II-7-1 Température	23
II-7-2 PH	23
II-7-3 Présence d'espèces compétitives.....	24
II-7-4 Surface spécifique	24
II-7-5 Masse de l'adsorbant.....	24
II-7-6 Distribution des diamètres des pores.....	24
II-7-7 Nature des groupements fonctionnels	24
II-7-8 Solution de l'adsorbant	24
II-7-9 Polarité	25
II-7-10 Structure moléculaire de l'adsorbat	25
II-7 Isotherme d'adsorption.....	25
II-7-2 modèles principaux d'isothermes.....	25
II-7-2-1 Isotherme de Langmuir	25
II-7-2-2 Isotherme de Freundlich	26
II-8 Fabrication des adsorbants	27
II-8-1 La bentonite	27
II-8-2 Origine de la bentonite	27
II-8-3 Structure et la composition de la bentonite	28
II-8-4 Application des bentonites	29
II-8-2 les tiges de dattes (pédicelle).....	30
II-8-2-1 Généralités	30
II-8-2 Composition microscopique.....	31
II-8-3 Composition chimique des fibres de tige de datte.....	31

Partie expérimentale

Chapitre I : Matériels et méthodes

I-1 Matériaux utilisés	33
I-2 Choix de la matière première et de l'agent activant	33
I-3 Fabrication du charbon actif à partir des tiges de datte et la bentonite	33
I-3-1 Charbon actif à base des tiges de datte	33
I-3-2 Charbon actif à base de la bentonite brute.....	34
I-4 Préparation des solutions	34
I-5 Méthode utilisées	34

Chapitre II : Résultats et discussions

II-1 Morphologie des adsorbants.....	37
II-2 Calcul des quantités adsorbées	38
II-3 Isotherme d'adsorption.....	39
II-3-1 Modèle de Langmuir	39
II-3-2 Modèle de Freundlich	40
II-4 Cinétique d'adsorption	40
II-4-1 Bleu de méthylène.....	40
II-4-1-1 Courbe d'étalonnage	40
II-4-1-2 Détermination des isothermes d'adsorption.....	41
II-4-1-3 Facteurs qui influent sur la cinétique d'adsorption.....	46
II-4-1-3-1 Influence de la concentration initiale du colorant.....	46
II-4-1-3-2 Influence du temps d'agitation	47
II-4-2-1 La courbe d'étalonnage.....	49
II-4-2-2 détermination des l'isothermes d'adsorption	49
II-2-3 Facteurs qui influencent sur la cinétique d'adsorption	54
II-2-3-1 Influence de la concentration initiale sur le rendement d'adsorption	54
II-2-3-2 influence de temps d'agitation.....	55

Conclusion général	56
--------------------------	----

Référence bibliographique

Annexe

A blue scroll graphic with a white border, featuring a vertical strip on the left and a horizontal strip on the right, both with rounded ends. The word "Introduction" is written in a bold, black, serif font in the center of the horizontal strip.

Introduction

Introduction

L'eau est la matière première la plus importante sur notre planète, pour les êtres humains, les animaux, les plantes et les microorganismes ; Pratiquement tous les phénomènes vitaux de la biosphère sont liés à la disponibilité de l'eau.

La pollution de l'eau qui affecte les rivières, les mers, les nappes phréatiques et les lacs, est le résultat des rejets des eaux usées sans traitement ou avec un niveau de traitement insuffisant, cela provoque une dégradation de l'écosystème [1] et le problème est plus grave dans le cas des effluents industriels.

Les colorants utilisés par les industries textiles peuvent constituer une menace sérieuse pour l'environnement car leur présence dans l'eau, même à des quantités très faibles, est indésirable ; par conséquent, leur présence dans les systèmes aquatiques réduit la pénétration de la lumière et retarde ainsi l'activité photosynthétique.

De nombreuses méthodes et technique de dépollution sont développées au cours des ces dernières années. Parmi ces techniques, il ya lieu de citer les procédés de précipitation chimique, la floculation, l'échange d'ions, l'électrolyse, les procédés membranaires et l'adsorption [10].

La technique de l'adsorption est la méthode la plus favorable pour l'élimination des polluent elle est devenu une méthode analytique de choix, très efficace et simple dans son utilisation [3]. Le principe du traitement par adsorption est de piéger les polluants par un matériau solide appelé adsorbant. Il existe plusieurs matériaux solides (argiles, zéolites, résidus agricoles et charbon actif,...) qui peuvent être utilisés dans les procédés de traitement.

L'objectif de notre travail est de préparer des adsorbons a partir d'un matériau végétal et argile afin d'obtenir un produit applicable pour l'élimination de deux colorants.

Afin de bien structurer notre mémoire, nous l'avons divisé en deux grandes parties la partie théorique qui inclut deux chapitres :

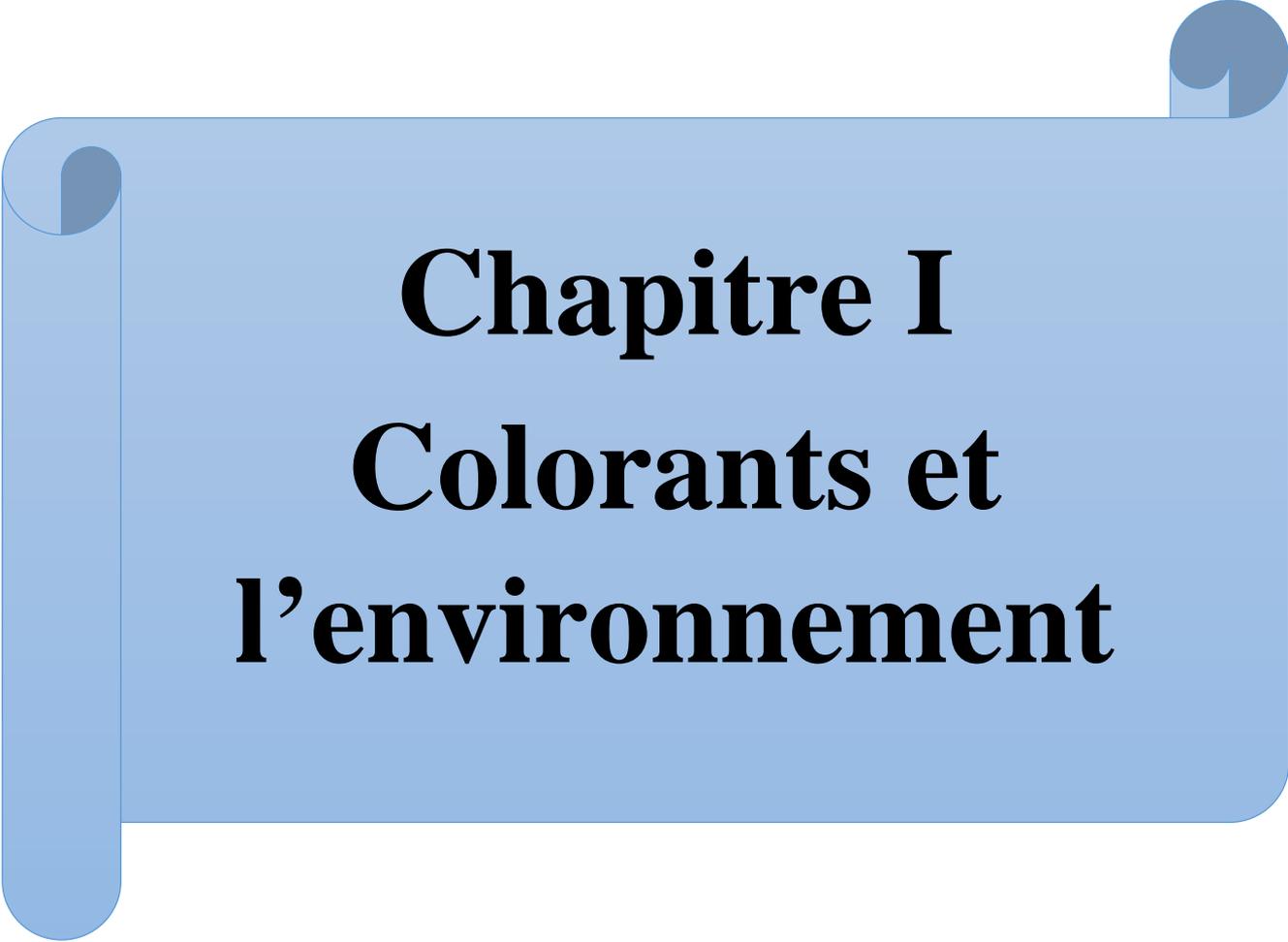
Le premier chapitre consiste à déterminer les généralités sur les colorants et les procédés de leur traitement [11].

Dans le deuxième chapitre nous présentons les adsorbants et les phénomènes d'adsorption. Dans la deuxième partie (partie expérimentale) de notre travail comprend deux chapitres

Le premier concerne le matériel et les méthodes utilisés au cours de la pratique.

Le deuxième présente les résultats d'adsorption et leur interprétation.

On termine par une conclusion.



Chapitre I
Colorants et
l'environnement

La pollution des eaux par diverses matières, organiques ou non (colorants, métaux lourds et d'autres substances toxiques) est un problème mondial et un réel danger pour la flore et la faune aquatique, la réduction de la teneur de ces micropolluants toxiques est extrêmement importante en termes de protection des milieux naturels et d'amélioration de la qualité des eaux. La problématique de ces contaminants repose sur le fait qu'ils sont très utiles, cette utilisation modifie très significativement leur réparation et les formes chimiques sous lesquels ils sont présents dans les différents compartiments de l'environnement [1].

I- Pollution des eaux

Le problème de la pollution des eaux représente sans aucun doute l'un des aspects les plus inquiétants de la dégradation du milieu naturel. Celle-ci se définit comme une dégradation de la qualité des eaux, causé par les rejets issus de toute la surface du territoire et transmise au milieu aquatique de façon directe ou indirecte, ces déversements sont dus essentiellement aux activités humaines ainsi qu'aux phénomènes naturels, leur présence dans l'eau, même à des quantités infinitésimales, modifie sa saveur, sa couleur et son odeur la rendant impropre à la consommation voire toxique et posent les problèmes les plus difficiles à résoudre, ils provoquent aussi des effets toxiques brutaux et donc à la mort rapide de différents organismes et effets différés ou à long terme, par accumulation au cours du temps, des substances chez certains organismes. Parmi ces micropolluants, on trouve les colorants où toutes les gammes de nuances et de familles sont représentées dans l'industrie de textile [2].

II- Colorant

II-1 Généralité sur les colorants

Un colorant doit posséder, outre sa couleur propre, la propriété de teindre. Cette propriété résultant d'une affinité particulière entre le colorant et la fibre, est à l'origine des principales difficultés rencontrées lors des traitements. En effet, selon le type d'application et d'utilisation les colorants synthétiques doivent répondre à un certain nombre de critères afin de prolonger la durée de vie des produits textiles sur lesquels ils sont appliqués : résistance à l'abrasion, stabilité photolytique des couleurs, résistance à l'oxydation chimique (notamment par les détergents) et aux attaques microbiennes [3]. Les molécules colorantes comportent deux groupements : chromophores qui sont responsables de produire la couleur et auxochromes qui permettent sa fixation (augmentent l'affinité du colorant vers les fibres)

Ces matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (de 380 à 750 nm). La transformation de la lumière blanche en lumière colorée par réflexion sur un corps, ou par transmission ou diffusion, résulte de l'adsorption sélective d'énergie par les groupes chromophores [3].

II-2 Classification des colorants

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

II-2-1 Classification chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupe chromophore [3] ;

- Les colorants azoïques sont caractérisés par la présence au sein de la molécule d'un groupement azoïque (-N=N-) reliant deux noyaux benzéniques, et représentent 50 % de la production mondiale de colorants [4].
- Les colorants anthraquinoniques sont, d'un point de vue commercial, les plus importants après les colorants azoïques [5].
- Les colorants indigoïdes tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent, sont utilisés comme colorant en textile, comme additifs en produits pharmaceutiques, la confiserie ainsi que des diagnostics médicale [6].
- Les colorants xanthènes, dont le composé le plus connu est la fluorescéine, sont dotés d'une intense fluorescence [6].
- Les phtalocyanines ont une structure complexe basée sur l'atome central de cuivre [7].
- Les colorants nitrés et nitrosés forment une classe de colorants très limitée en nombre et relativement ancienne [4].

II-2-2 Classification tinctoriale

La classification tinctoriale des colorants repose sur la nature du groupe auxochrome qui détermine le type de la liaison colorants- substrat.

- Les colorants acides ou anioniques : très solubles dans l'eau grâce à leurs groupes sulfonés ou carboxylate [8].

- Les colorants basiques ou cationiques : classent des colorants d'ions positifs et reconnus pour leurs nuances brillantes [9].
- Les colorants de cuve sont des colorants insolubles dans l'eau, appliqués sur la fibre après transformation par réduction alcaline en leucodérivés [7].
- Les colorants directs ce sont des colorants à caractère anioniques, ils sont solubles dans l'eau et utilisés en solution aqueuse [4].
- Les colorants à mordants contiennent généralement un ligand fonctionnel capable de réagir fortement avec un sel d'aluminium, de chrome, de cobalt ou de fer pour donner les différents complexes colorés avec le textile.
- Les colorants réactifs contiennent des groupes chromophores assurant la formation d'une liaison covalente forte avec les fibres solubles dans l'eau [9].
- Les colorant développés ou azoïques insolubles, appelés aussi colorants au naphthol, ces colorants ne sont utilisés que sur les fibres cellulosiques bien que d'autres fibres soient susceptibles d'être teintés en modifiant le procédé [11].
- Les colorants dispersés sont très peu solubles dans l'eau et sont appliqués sous forme d'une fine poudre dispersée pour le bien de teinture [6].

II-3 Toxicité et impact sur l'environnement

Les colorants sont des composés biodégradables par les microorganismes ils sont toxiques et nocifs pour l'homme et les animaux.

II-3-1 Impact sur l'environnement

Les principales questions environnement soulevées par de l'industrie textile concernent essentiellement les rejets dans l'eau, les émissions dans l'aire ainsi que la consommation d'énergie. Parmi celles-ci, l'eau représente la préoccupation première [12]. À l'exception d'une faible quantité d'eau évaporée pendant le séchage, la quantité d'eau évacuée et la charge chimique qu'elle véhicule constituent un problème majeur. La charge de pollution produite par les activités industrie textile est majoritairement imputable aux substances contenues dans la matière avant qu'elle n'entre dans la phase du processus d'ennoblissement. On retrouve généralement les produits d'encollage, de préparation les impuretés des fibres naturelles et matières associées [13].

La quantité de produits chimiques et auxiliaires ajoutée en ennoblissement peut s'élever jusqu'à 1 kg par kilogramme de textiles traités, ce qui s'avère être élevé. Il existe un

très grand nombre de substances chimiques parmi les produits utilisés pendant le processus, les impacts les plus importants sur l'environnement sont dus aux sels, détergents et aux acides organiques. Le rejet de ces eaux résiduaires dans l'écosystème source dramatiques de pollution, d'eutrophisation et de perturbation non esthétique dans la vie aquatique et par conséquent présente un danger potentiel de bioaccumulation qui peut affecter l'homme par transport à travers la chaîne alimentaire [13].

II-3-2 Impacte dangereux sur la santé

Sont dus à certaines capacités de ces colorants qui peuvent [14] :

- Etre mutagènes
- Etre Génotoxiques.
- Entraîner des cancers de la thyroïde.
- Entraîner des tumeurs des glandes surrénales.
- Contenir des substances cancérogènes.
- Avoir des actions sur le système nerveux central.
- Inhibition ou déficit de certaines enzymes
- Augmentation de la perméabilité intestinale.

II-4 Présentations des colorants Utilisés

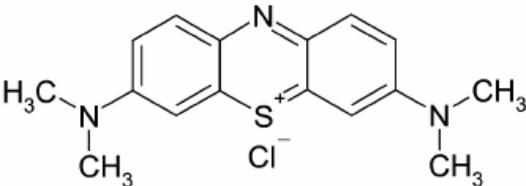
❖ Bleu de méthylène

Le bleu de méthylène est le colorant cationique [15] le plus couramment utilisé dans la teinture du coton, du bio et du papier, il existe comme une poudre vert foncé sous plusieurs formes hydratées : monohydraté, dihydraté, trihydraté et penta-hydraté, le plus courant c'est le trihydrate [16].

Il est couramment utilisé comme modèle de contaminant organique en raison de sa structure moléculaire stable. Le tableau résume les principales caractéristiques physico-chimiques de ce colorant [17].

Les caractéristiques physico-chimiques du bleu de méthylène sont représentées dans le tableau ci-dessous (tableau N° 01) :

Tableau N° 1 : Principales caractéristique physico-chimique du BM.

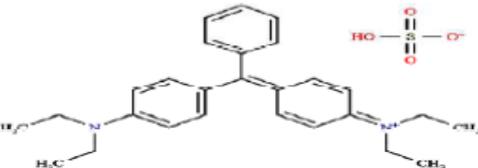
Nom	Bleu de méthylène
Famille	Colorant Basique.
Formule brute	C ₁₆ H ₁₈ N ₃ SCl.
Application chimique	3,7-bis-(diméthylamino) phénazathonium.
Masse molaire (g/mol)	320 g/mol.
Dimension (A°)	15 (diamètre).
λ_{\max}	665 nm.
Structure	

❖ Vert brillant

Le vert brillant (VB) est l'un des colorants cationiques les plus importants, il est également employé en textile et dans l'impression de papier, tache biologique, agent dermatologique et médecine vétérinaire [18]. Cause plusieurs effets sur les êtres humains comprenant l'irritation à l'appareil gastro-intestinal, des brûlures d'œil, nausée et vomissement, irritation à la région respiratoire et irritation à la peau.

Le VB peut former aussi des produits dangereux comme les oxydes de carbone, oxydes d'azote, et oxydes de soufre dus à la décomposition sur le chauffage. L'ensemble des caractéristiques physico-chimiques du vert brillant est récapitulé dans le tableau suivant :

Tableau N° 2 : Principales caractéristique physico-chimique du VB.

Nom	Vert brillent
Famille	Colorant Basique.
Formule brute	$C_{27}H_{34}N_2O_4S$.
Application chimique	Sulfate d'anhydride de carbonyle de di-(p-diéthylamino) triphényl.
Masse molaire (g/mol)	482.62 g/mol.
Densité volumique (Kg/m3)	15 (diamètre).
λ_{max}	625 nm
Structure	

[18].

III- Méthodes du traitement des effluents textiles

Au cours des différentes étapes de teintures, des quantités plus ou moins importantes de colorants sont perdues par manque d'affinité avec les surfaces à teindre ou à colorer. Ces rejets organiques sont toxiques et nécessitent une technique de dépollution adaptée. Le traitement des rejets textiles, compte tenu de leur hétérogénéité de composition, conduire toujours à la conception d'une chaîne de traitement assurant l'élimination des différentes pollutions par étapes successives. La première étape consiste à éliminer la pollution insoluble par l'intermédiaire de prétraitements (dégrillage, dessablage, déshuilage...) et/ou des traitements physiques ou physico-chimiques assurant une séparation solide- liquide [20].

Les techniques de dépollution intervenant le plus couramment en deuxième étape dans les industries textiles [19] se divisent en trois types :(physique, chimique et biologique).

III-1 Méthodes physiques de traitement

III-1-1 Filtration sur membrane

La filtration sur membrane pilotée par pression hydraulique se décline en microfiltration, ultrafiltration, 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 perméat purifié et un concentré qui reçoit les impuretés organiques.

Parmi les quatre types de procédés, la nanofiltration et l'osmose inverse ce sont les plus adaptés à la réduction partielle de la couleur et des petites molécules organiques, mais l'osmose inverse reste la plus répandue [20].

Ces procédés limités dans leurs applications, nécessitent des investissements importants en capitaux et le retraitement du concentré est jusqu'à six fois plus cher que celui de l'effluent originel [21].

III-1-2 Adsorption sur charbon actif (ou sur un autre adsorbant)

L'adsorption est un procédé d'élimination des polluants organiques ou minéraux présents dans des effluents aussi bien liquides que gazeux. Plusieurs modèles théoriques ont été élaborés pour décrire les mécanismes de ces phénomènes par ce procédé, le polluant est transféré de la phase fluide vers la surface du solide. Même avec le charbon actif considéré comme l'adsorption la plus efficace, ce mode de traitement reste très limité pour l'élimination de tous les colorants. Seuls les cationiques, colorant à mordant, dispersés ou dit de cuve et sont éliminés par cette technique [23].

III-2 Méthode physico-chimiques de traitement des textiles

- 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 évacuée. Les coagulants inorganiques tels que l'alun donnent les résultats les plus satisfaisants pour la décoloration des effluents textiles contenant des colorants dispersés, de cuve et au soufre, mais sont totalement inefficaces pour les colorants réactifs, azoïques, acides et basiques. 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 [24].

III-3 Méthodes chimiques de traitement de textiles

Dans la littérature, les techniques d'oxydation chimique sont généralement appliquées pour le traitement des composés organiques dangereux présents en faible concentration, en

prétraitement avant des procédés biologiques, le traitement d'eaux usées chargées de constituants résistant aux méthodes de biodégradation et en post- traitement pour réduire la toxicité aquatique.

Les deux réactifs les plus souvent énumérés pour ce type de traitement sont H_2O_2 et le chlore. Le peroxyde d'hydrogène est un oxydant fort et son application pour le traitement des polluants organiques et inorganiques sont bien établis. Mais l'oxydation seule par H_2O_2 n'est pas suffisamment efficace pour de fortes concentrations en colorant. On peut traiter les colorants azoïques par l'hypochlorite de sodium mais, même si la molécule initiale est détruite, les halogènes sont susceptibles de former des trihalométhanés cancérigènes pour l'homme avec les sous-produits de dégradation [25].

III-4 Méthodes biologiques de traitement

Par épuration biologique des eaux, on entend la décomposition des polluants organiques dans l'eau par les microorganismes. Les procédés biologiques se partagent en deux catégories les traitements aérobies en présence d'oxygène et anaérobies sans oxygène [26].

III-4-1 Traitement aérobie

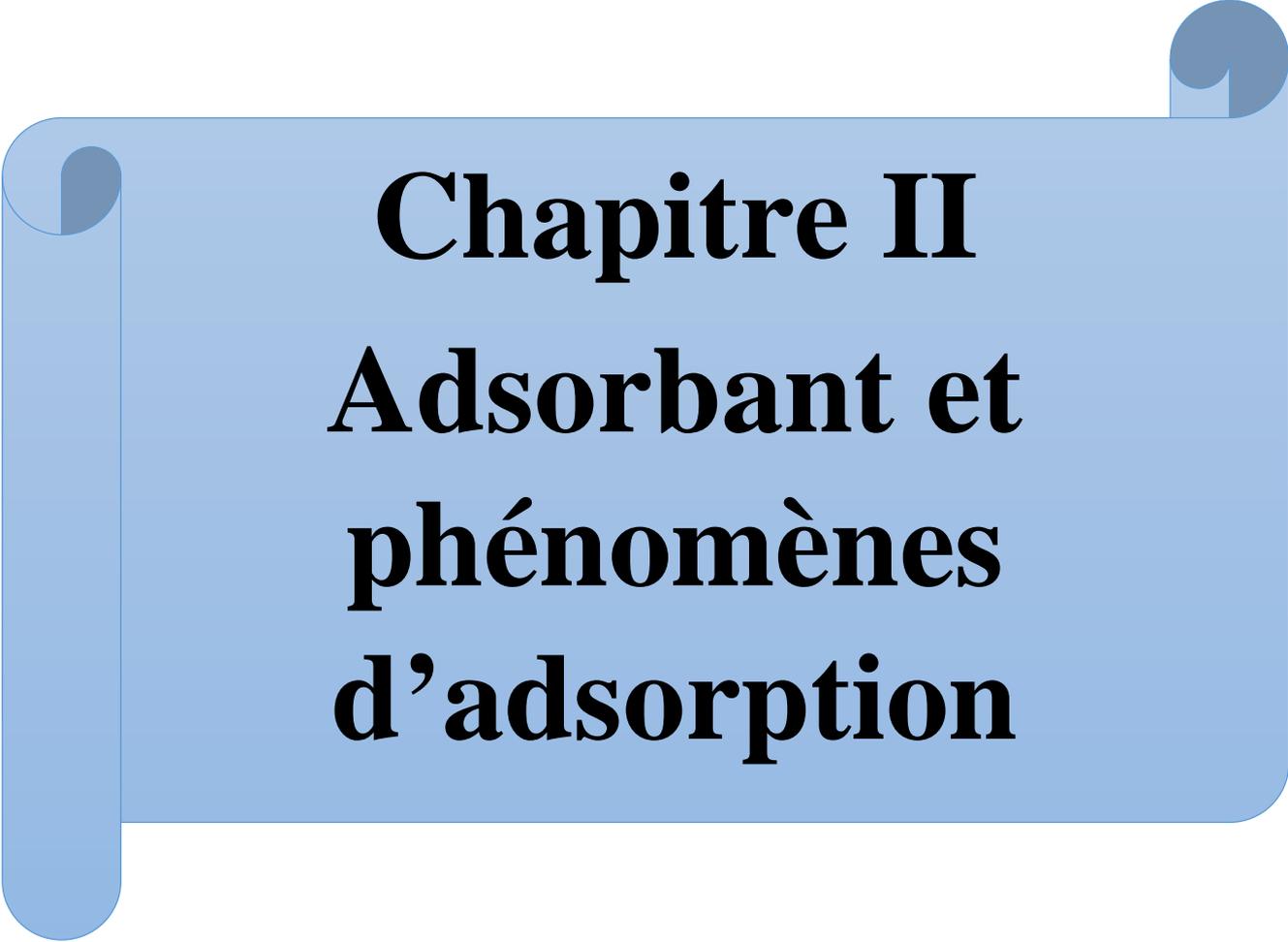
Les polluants sont décomposés dans une unité biologique constituée d'un bassin de boue activée par des bactéries aérobies et autres microorganismes en une boue qui sédimente. Dans le cas idéal, les polluants organiques sont oxydés jusqu'au dioxyde de carbone. Après épuration la boue est séparée des eaux usées par sédimentation dans un décanteur ; une partie est recyclée et le surplus est évacué après pressage ou centrifugation [28].

III-4-2 Traitement anaérobie

À l'inverse de la biodégradation aérobie, la digestion anaérobie des composés organiques s'effectue en l'absence d'oxygène et forme du dioxyde de carbone, du méthane et de l'eau. C'est un procédé efficace pour le traitement de déchets très chargés en matières organiques et le méthane formé peut être utilisé comme énergie de chauffage. Les conditions de réduction dans la digestion anaérobie sont adaptées à la décoloration des colorants azoïques par clivage de la liaison azo entraînant une destruction subséquente du groupe chromophore, mais une minéralisation complète et impossible dans ce type de procédé la dégradation des molécules initiales entraîne souvent la formation d'amines plus toxiques que

la molécule initiale, qui finissent dans les sédiments aquifères peu profonds et les eaux souterraines.

Les méthodes de bio – traitement conventionnel sont sans effet sur la plupart des colorants synthétiques à cause de leur structure polyaromatique complexe et leur nature réfractaire. Venceslau *et al.* (1994) ont estimé à seulement 10-20% la réduction de la coloration par les procédés biologiques [27].



Chapitre II
Adsorbant et
phénomènes
d'adsorption

Le procédé de séparation par adsorption constitue aujourd'hui un des techniques les plus importants. Son principe repose sur la propriété qu'ont les solides à fixer sur leurs surfaces certaines polluantes, elle est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans des domaines très variés, par exemple les industries pétrolières, pétrochimique, chimiques, pharmaceutiques et aux applications environnementales [27].

I- Généralité sur l'adsorption

L'adsorption est un traitement efficace pour enlever la matière organique, particulièrement quand la charge moléculaire et la polarité sont faibles. Selon Edeline [28] l'adsorption résulte de l'interaction entre la surface d'un solide, et les molécules ou sujet à l'adsorption. C'est donc un processus qui se produit à l'interface solide/ gaz ou liquide (figure N° 01), conduisant à un changement de phase du soluté ou à la transformation d'une surface solide. L'adsorption implique des phénomènes de diffusion et d'interaction entre la surface de l'adsorption et les molécules adsorbables. Elle sera favorisée sur des matériaux ayant d'importantes surfaces spécifiques et une forte densité de groupements fonctionnels en surface (figure N°01).

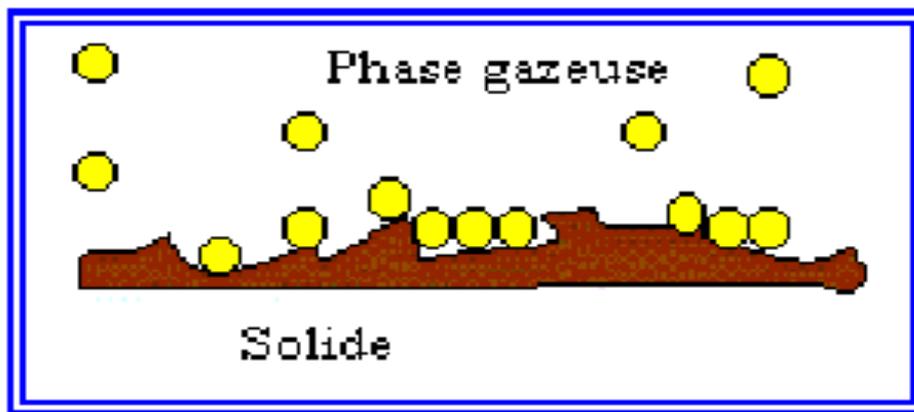


Figure N°01 : Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption [27].

II- Types d'adsorption

Selon les énergies de liaison mises en jeu, deux types d'adsorption peuvent être distingués : l'adsorption physique et l'adsorption chimique.

II-1 Adsorption physique (physisorption)

L'adsorption physique se produit à des températures basses. Les molécules s'adsorbent sur une ou plusieurs couches (multicouches) (figure N° 02), avec des chaleurs d'adsorption souvent inférieure à 20 kcal/mol [29]. Les interactions entre les molécules du soluté (adsorbât) et la surface du solide (adsorbant) sont assurées par des forces électrostatiques de types dipôles-dipôles, liaison hydrogène ou de van der Waals. La physisorption est rapide, réversible et n'entraîne pas de modification des molécules adsorbées [30].

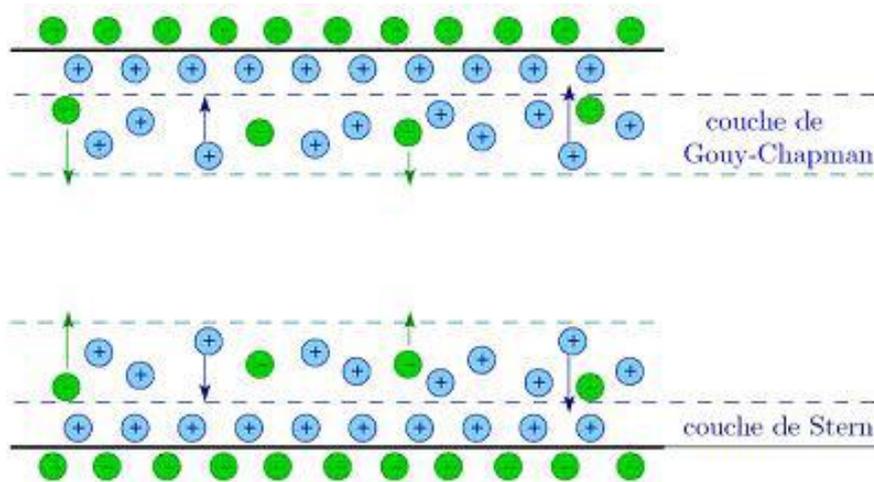


Figure N° 02 : Représentation graphique de la théorie du double couche [22].

II-2 Adsorption chimique (ou chimisorption)

Elle met en jeu une ou plusieurs liaisons chimiques covalentes ou ioniques entre l'adsorbât et l'adsorbant. La chimisorption est généralement irréversible, produisant une modification des molécules adsorbées. Ces dernières ne peuvent pas être accumulées sur plus d'une monocouche. Seules sont concernées par ce type d'adsorption, les molécules directement liées au solide. Il existe des cas où des groupements réactifs greffés peuvent former des longues chaînes (cas des silices modifiées). [31]

La distinction entre les deux types d'adsorption n'est pas toujours facile. En effet, les énergies mises en jeu dans les physisorptions faibles rejoignent celles qui interviennent dans les chimisorptions fortes. (Tableau N° 03)

Tableau N°03 : La différence entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique.

	Adsorption physique	Adsorption chimique
Nature de l'interaction	Liaison de Van der Waals	Liaison chimiques
Enthalpies d'adsorption	Exothermique < 20 KJ/mole	Exothermique > 100 KJ/mol
Distance d'équilibre	4 à 6 Å	< 3 Å
Nombre de couches adsorbées	>1	1
Spécificité	Non-spécifique	Spécifique
Dépendance avec la température	Haute près du point d'ébullition	Dépend de l'énergie d'activation

[32].

III- Cinétique d'adsorption

Le transfert et l'adsorption d'un soluté s'effectuent selon une succession d'étapes cinétiques. Plusieurs ont écrit les quatre phases suivantes [33] :

- 1- Transfert du soluté du cœur de la phase liquide vers le film liquide lié à l'adsorbant solide. Ce transfert se fait par diffusion et /ou par convection.
- 2- Transfert du soluté à travers le film liquide vers la surface de l'adsorbant. Cette étape est caractérisée par le coefficient de transfert de masse externe global K_f et est purement diffusionnelle.
- 3- Diffusion du soluté sous l'effet du gradient de concentration. Cette diffusion peut se faire :
 - Soit à l'état libre, dans le liquide intraparticulaire. Le coefficient de diffusion poreuse D_p .
 - Soit à l'état lié, d'un site d'adsorption à un site adjacent. Le coefficient de diffusion superficielle D_s , est spécifique de cette étape.
- 4- Adsorption proprement dite

Ces étapes s'effectuant en série, la plus lente impose sa loi cinétique. Pour la plupart des auteurs, les étapes 1 et 4 sont rapides par conséquent, c'est le transfert de masse externe et la diffusion interne (superficielle et/ou poreuse) qui régit la cinétique d'adsorption (figure N°3).

Plusieurs modèles, prenant en compte préférentiellement tel ou tel coefficient, permettent de simplifier le problème du transfert du soluté dans le grain.

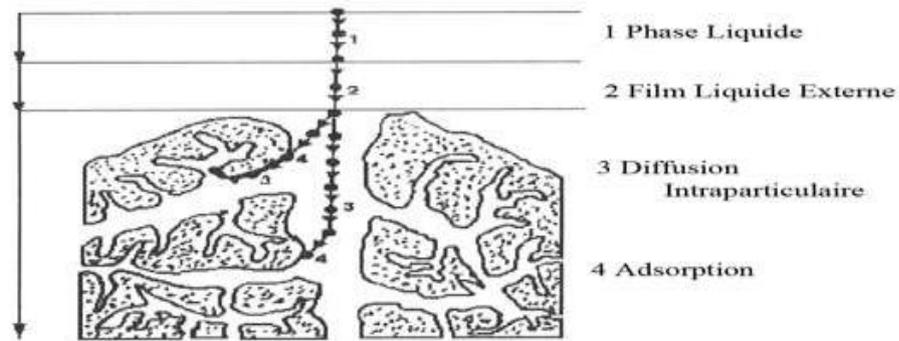


Figure N°03 : Cinétique du transfert d'un adsorbant au sein d'un grain du solide [34].

IV- Adsorbants

L'adsorbant c'est un solide qui produit une adsorption, ce dernier est un corps poreux, c'est-à-dire présentant une très grande surface spécifique par rapport à leur masse.

Les adsorbants utilisés dans divers traitements doivent avoir les qualités suivantes [35]

- Haute capacité d'adsorption ;
- grande efficacité pour adsorption ;
- sélectivité élevée ;
- Aptitude à être facilement régénérée et utilisées de nouveau ;
- prix peut élever.

IV-1 Principaux types d'adsorbant

En traitement des eaux, on utilise presque exclusivement le charbon activé comme adsorbant. Toutes proportions gardées, c'est un matériau économique qui permet d'éliminer une grande quantité de polluants. Autre que le charbon actif il existe d'autres types d'adsorbant utilisés en industrie, On cite les Zéolites, les alumines activées, les argiles et le gel de silice (Tableau N° 04) [36].

Tableau N°04 : Les différents types d'adsorbant.

Types d'adsorbants	Caractéristiques	
	Origine (précurseur)	Méthodes d'obtention et principales caractéristiques
Les charbons actifs	Charbon ou matériaux végétal	- Préparés par pyrolyse. - Plusieurs centaines de qualités suivant le précurseur et les conditions de traitement.
Les zéolites	Aluminosilicates cristallisés microporeux de formule globale $(AlO_2 M n SiO_2)$ (M est un métal ou alcalinoterreux, $n \geq 1$)	- Cristaux de synthèse - plus de 100 espèces différentes par la valeur de n et la structure cristallographique
Les alumines activées	$Al_2 O_3, 5 H_2O$	- Produit de synthèse - Surface couverte de groupements Al OH - Adsorption préférentielle par liaison hydrogène - Adsorbant amorphes, Moyennement polaire et hydrophiles. - Surface spécifique 150 à 300 m ² /g.
Les gels de silice	$(SiO_2)_n, (H_2O)_x$	- Procédés hydrothermal (formation du $[Si(OH)_4]$ puis Polycondensation progressive). - Surface couverte de groupements Si OH. - Adsorption préférentielle par liaison hydrogène. - Surface spécifique 350 à 800 m ² /g
Le noir animal	Os d'animaux	- Carbonisation en absence d'air. - Surface spécifique de l'ordre de 120m ² /g
Les argiles activées	Des aluminosilicates de formule brute proche des zéolites	- Produits naturels, utilisés surtout pour le séchage. - Structure cristalline différente de celle des zéolites.

[27].

IV-2 Porosité et surface spécifique des adsorbants

❖ Porosité

La classification d'union Internationale de chimie pure et appliquée (d'U.I.C.P.A.) définit trois types de porosité :

- les pores de largeur excédant 50 nm appelés macropores ;
- les pores de largeur comprise entre 2 et 5 nm appelés mesopores ;
- les pores de largeur inférieure à 2 nm appelés micropores (ou nanopores) ;

La présence de micropores dans un adsorbant a pour effet d'augmenter considérablement sa capacité d'adsorption (volume libre V_0 par unité de masse). De plus, le recouvrement des champs de force générés par les parois des nano-pores conduit à une augmentation du potentiel d'adsorption à l'intérieur de ces cavités. Par conséquent, l'adsorption dans les nano-pores est beaucoup plus grande que sur la surface des macropores, qui sont souvent négligeable par rapport à celle dans les nano et mesopores [37].

❖ Surface spécifique

Par définition la surface spécifique d'un adsorbant est une surface par unité de masse. Elle est généralement exprimée en m^2/g . Son estimation est conventionnellement fondée sur des mesures de la capacité d'adsorption de l'adsorbant en question, correspondant à un adsorbant donné ; la molécule adsorbée doit avoir une surface connue et acceptable. Il suffit à cet effet, de déterminer la valeur de la capacité de la monocouche à partir de l'isotherme d'adsorption [38]

V- Charbon actif

L'usage du charbon est ancien, il remonte à l'antiquité [39]. Ses propriétés d'adsorption ont été utilisées par les Égyptiens en 1550 avant Jésus Christ, en médecine et pour le traitement des odeurs (m) [37].

Selon Fernandez Ibanez [40], un charbon activé est un matériel solide résistant aux hautes températures avec une capacité d'adsorption qui est par le volume poreux et les groupes fonctionnels, principalement oxygénés, qui se trouvent à la surface.

Les charbons actifs ont une caractéristique essentielle qui est l'existence d'un réseau très développé de micropore, lequel est à l'origine de leur pouvoir adsorbant très important. Par conséquent, ces derniers constituent les adsorbants les plus fabriqués et les plus utilisés industriellement [41].

La surface spécifique des charbons actifs est bien développée. Elle est en générale supérieure à $1000 m^2/g$, ce qui contribue à une grande capacité d'adsorption [41]. Ce processus physico-chimique est utilisé dans les filières d'eau potable pour fixer les substances impossibles à éliminer par un traitement classique.

Tableau N°05 : Principales caractéristiques du charbon activé.

Caractéristique	Description
Diamètre effectif	Poudre : 8 - 9 μm ; granules 0,55 - 01,05 mm augmentation du taux D'adsorption et des pertes de charge lorsque la grosseur des grains diminue.
Surface d'adsorption	De 850 à 1500 m^2/g , plus cette surface est grande, plus le charbon activé est efficace.
Nombre d'iode	De 700 à 1100 mg/g , associé à la capacité du charbon activé d'adsorber les impuretés de faible masse moléculaire.
Nombre de mélasse	Associé à la capacité du charbon activé d'adsorber les impuretés de masse moléculaires élevée.
Densité brute	Évaluation du volume de charbon activé utilisé.

[41].

V- 1 Fabrication du charbon actif

Les déchets solides sont utilisés comme matière première pour la production de charbon actif après carbonisation et activation. Parmi ces déchets, les plus utilisés sont : les coques de noix de coco, les noyaux et grignon d'olives, noyaux de dattes, la paille, la sciure de bois, etc., la fabrication se fait par carbonisation de la matière première puis par une activation.

V-1-1 Carbonisation

Après séchage de la matière première, il est procédé à une carbonisation qui s'effectue sous atmosphère contrôlée à 400 – 600 °C pendant 5 à 6 heures, celle-ci a pour but d'éliminer les matières organiques volatils emprisonnées dans le squelette carboné. La carbonisation se déroule généralement à une grande vitesse pour minimiser le contact entre les produits carbonisés et les produits volatils. les produits obtenus après carbonisation n'ont pas une forte capacité d'adsorption car leur structure poreuse est limitée (surface spécifique 10 m^2/g) [42].

V-1-2 Activation

L'activation consiste à développer la structure poreuse des matériaux. On peut distinguer deux voies d'activation : une activation physique ou le matériau carbonisé est soumis à une atmosphère hautement contrôlée en présence de dioxyde de carbone et de

vapeur d'eau à 1000 °C, et une autre activation chimique qui met en jeu un agent chimique tel que le chlorure de zinc, acide phosphorique ou sulfurique. Elle favorise la déshydratation puis une réorganisation structurale à des températures plus faibles, comprises entre 400 et 600 °C, en présence de catalyseurs (P_2O_5 - $ZnCl_2$) [43].

V-2 Structure du charbon actif : Gaid [34].

La structure et la nature chimique d'un charbon activé, évoluent au long des processus de carbonisation et d'activation. Les processus de polymérisation et de polycondensation débutent vers 400 °C, avec une augmentation de la teneur en carbone sous la forme de cycles aromatiques condensés. La montée de température, facilite le réarrangement de la matière organique, et conduit à une structure poreuse. Ce qui provoque une compression sur les parois des différents pores, et par conséquent diminue leur volume. Au-delà de 1000 °C, on aboutit à une structure cristalline du type graphitique. En revanche l'ordre dans lequel les feuillets sont arrangés, est moins parfait que dans le cas du graphite (Figure N° 04). Cette structure finale, turbostratique, est appelée « noir de Carbone » [34].

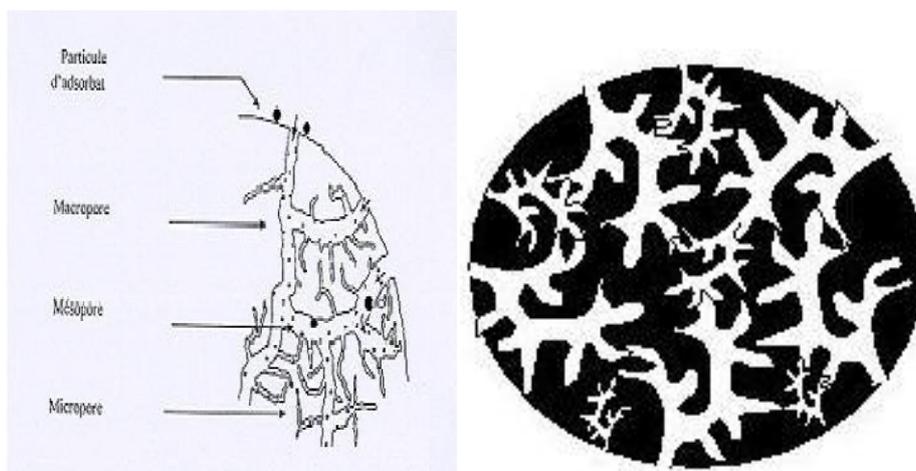


Figure N° 04 : Vue schématique d'un grain de charbon actif [44].

V-3 Différentes formes de charbon actif

Les différentes formes du charbon actif selon leurs applications, les charbons actifs sont disponibles soit en poudre, soit sous forme de fibres [45].

➤ Charbon actif en poudre

Les charbons actifs en poudre présentent une granulométrie inférieure à 100 μm (figure 05), avec un diamètre moyen situé entre 15 et 25 μm . Ils ont une surface externe et

une faible profondeur de diffusion. Ce qui engendre une vitesse d'adsorption très rapide [46].



Figure N°05 : Charbon actif en poudre (CAP) [46].

➤ **Charbon actif en grain**

La forme granulaire du charbon actif, est caractérisée par une taille de particule supérieure à 1 mm (figure 06), un faible diamètre de pores, une grande surface interne et une surface externe relativement faible. Il en résulte que les phénomènes de diffusion à l'intérieur des pores prennent une grande importance dans les processus d'adsorption. Ces charbons sont préférentiellement utilisés en lit fixe pour l'adsorption des gaz et vapeurs, ils sont couramment utilisés pour le traitement de l'eau [47].



Figure N°06 : Charbon actif en grain (CAG)[47].

➤ **Charbon actif extrudé**

Le charbon actif est de forme cylindrique (figure N° 07), avec des diamètres allant de 0.8 mm. Il est principalement utilisé pour des applications en phase gazeuse à cause de sa faible perte de charge, de sa grande résistance mécanique et de sa faible teneur en poussière [46].



Figure N° 07 : charbon actif extrudé.

V-4 Quelques applications du charbon actif

Les charbons sont couramment utilisés dans le traitement des eaux par l'adsorption de certains colorants organiques de rejets liquides des industries, tels que : textile, papier, plastique...etc.

Il existe d'autres utilisations du charbon actif qui sont :

- la récupération des solvants (tunnels de peinture) ou d'essence ;
- la dessiccation des gaz ou des liquides
- L'élimination des polyphénols et des métaux lourds ;
- Utilisation en pharmacie pour l'adsorption des gaz intestinaux [48].

VI- Généralité sur les argiles

Les argiles sont des produits de décomposition des roches siliceuses, par désagrégation physique et mécanique puis altération chimique (silicates en feuillets). L'argile brute contient généralement des particules élémentaires dont le diamètre des grains est inférieur à deux micromètres ($2 \mu\text{m}$), qui représentent les individus cristallins (phase minérale pure). Appelés minéraux argileux de ses propriétés telles que le gonflement, la plasticité, et les propriétés d'adsorption [31]. Mais dans les sols, ces particules élémentaires sont en général liées entre elles par des ciments de nature très diverse (carbonates, composés organiques, composés minéraux, amorphes ou oxydes et hydroxydes de fer et d'aluminium), au sein de tailles beaucoup plus grandes [48].

Il existe différentes classifications, la plus utilisée est basée sur l'épaisseur et la structure du feuillet elles sont classées en trois groupes :

- minéraux à 7 \AA : l'épaisseur des feuillets et de 7 \AA ;
- minéraux à 10 \AA : l'épaisseur des feuillets et de 10 \AA ;
- minéraux à 14 \AA : l'épaisseur des feuillets et de 14 \AA .

VII- Facteurs influençant l'adsorption

VII-1 Température

L'adsorption physique s'effectue à de basses températures (phénomène exothermique), alors que l'adsorption chimique demande des températures plus élevées (phénomène endothermique), ce qui nécessite de fixer la température du processus dès le départ. En pratique. Il n'y a pas des modifications significatives dans l'intervalle 5 – 20 °C [44].

VII-2 pH

Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption du fait qu'il peut influencé à la fois sur la structure de l'adsorbant, ainsi que le mécanisme d'adsorption, ce facteur dépend de l'origine des eaux à traiter et du procédé de leur traitement. Donc il est judicieux de connaître l'efficacité de l'adsorption à différents pH. Chaque adsorbat à un pH spécifique, l'élimination optimale de la tyrosine sur charbon actif en poudre est observée à des pH acides inférieurs à 6 [49].

VII-3 Présence d'espèces compétitives

En général la présence de la compétition diminue la capacité de chaque espèce sur l'adsorbant. On étudie l'influence d'alcools aliphatiques sur l'adsorption d'acides aminés (phylalanine ettyrosine) sur charbon actif en poudre, cette étude a montré que les alcools ramifiés provoquent l'inhibition de l'adsorption de ces acides aminés de l'ordre de 85 % [50].

VII-4 Surface spécifique

Plus la surface spécifique et grande, plus on aura une meilleure adsorption, ceci a été montré dans l'étude d'adsorption de la tyrosine sur charbon actif [51].

VII-5 Masse de l'adsorbant

La capacité d'adsorption est d'autant plus grande que la masse de l'adsorbant dans la solution est importante du fait le coût élevé des adsorbants, le choix d'un rapport liquide-solide optimal est recommandé [50].

VII-6 Distribution des diamètres des pores

La porosité d'un matériau adsorbant joue un rôle très significatif dans l'adsorption des composés organiques aromatiques. Le charbon macroporeux a une meilleure capacité d'adsorption que le charbon méso-poreux dans le cas de macromolécules [47].

VII-7 Nature des groupements fonctionnels

Bien que les propriétés précédemment situées jouent un rôle primordial dans la capacité d'adsorption, ce sont les groupements fonctionnels présents à la surface de l'adsorbant qui influent principalement sur celle-ci. À la surface des charbons activés. On trouve principalement des sites oxygénés et des sites aminés lors de l'étude de l'adsorption de celui-ci sur des charbons de nature basique sont plus importants que sur des charbons de nature acide [51].

VII-8 Solution de l'adsorbant

La solubilité d'un adsorbant joue un rôle important lors de son adsorption, plus la solubilité est grande, l'adsorption sera plus faible. Certains auteurs ont comparé l'adsorption de l'acide 4-hydrox benzoïque (solubilité = 5 g l⁻¹ 25 °C) de l'acide syringique (1 g l⁻¹). Et de l'acide gallique (15 g. l⁻¹). Il constate que les capacités d'adsorption suivent l'ordre inverse des solubilités [52].

VII-9 Polarité

Un soluté polaire aura plus d'affinités pour un solvant ou pour l'adsorbant polaire. Il faut que l'adsorbant et l'adsorbant soient de polarité voisine [52].

VII-10 Structure moléculaire de l'adsorbant

Plus la structure moléculaire des particules à fixer est grande, plus le remplissage des pores s'effectue rapidement et la saturation est atteinte avec des rendements faibles, ce qui fait diminuer le nombre des sites libres pour les autres molécules [53].

VIII- Isotherme d'adsorption

Tous les systèmes adsorbant/adsorbant ne se comportent pas de la même manière. Les phénomènes d'adsorption sont souvent abordés par leur comportement isotherme. Les courbes

isothermes décrivent la relation existant à l'équilibre d'adsorption entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant donné à une température constante [54].

VIII-1 Modèles principaux d'isothermes

Plusieurs lois ont été proposées pour l'étude de l'adsorption. Elles expriment la relation entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant à une température donnée. Nous rappellerons ci-dessous les principales lois utilisées [55].

VIII-1-1 Isotherme de Langmuir

C'est le modèle le plus utilisé pour commenter les relations trouvées au cours de l'adsorption des composés organiques en solution aqueuse. Nous résumons ci-dessous ses principales caractéristiques [54]. À une température constante, la quantité adsorbée Q_{ads} est liée à la capacité maximale d'adsorption Q_m , à la concentration à l'équilibre C_e du soluté et à la constante d'affinité K par l'équation :

$$\frac{Q_{ads}}{Q_m} = \frac{KC_e}{1 + KC_e}$$

La transformée linéaire de ce modèle a pour équation :

$$\frac{1}{Q_{ads}} = \frac{1}{Q_m} + \frac{1}{KQ_m} \times \frac{1}{C_e}$$

En portant $\frac{1}{Q_{ads}}$ en fonction de $\frac{1}{C_e}$ on obtient une droite de pente $\frac{1}{KQ_m}$ et

D'ordonnée à l'origine $\frac{1}{Q_m}$ cela permet la détermination des deux paramètres d'équilibre de l'équation Q_m et K .

Parmi les caractéristiques de l'isotherme de Langmuir, on peut citer sa simplicité et le fait que les paramètres Q_m et k qu'il permet d'évaluer, ont un sens physique la valeur de K est liée à la force d'interaction entre la molécule adsorbée et la surface du solide. La valeur de Q_m exprime la quantité de soluté fixé par gramme de solide dont la surface est considérée comme recouverte par une couche monomoléculaire (figure N° 26). Cette simplicité est conséquence des hypothèses restrictives qui permettent d'établir ce modèle [54]



Figure N° 08 : Isotherme et Modélisation de l'adsorption selon Langmuir [56]

VIII-1-2 Isotherme de Freundlich

C'est une équation empirique largement utilisée pour la représentation pratique de l'équilibre d'adsorption, elle ne repose sur aucune base théorique. Toutefois l'expérience montre qu'elle décrit bien les résultats d'adsorption des micropolluants par les solides tels que les charbons actifs, les sols et les argiles (figure N° 09)[54]. Elle se présente sous la forme :

$$Q_{ads} = K_f C_e^{1/n}$$

Q_{ads} : Quantité adsorbée par gramme du solide.

C_e : Concentration de l'adsorbat à l'équilibre d'adsorption.

K_f et $\frac{1}{n_f}$: Constantes de Freundlich caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant donné vis-à-vis d'un soluté donné.

La transformée linéaire permettant de vérifier la validité de cette équation et obtenus par passage en échelle logarithmique.

$$\ln Q_{ads} = \ln K_f + \frac{1}{n_f} \ln C_e$$

En traçant $\ln Q_{ads}$ en fonction de $\ln C_e$, on obtient une droite de pente $\frac{1}{n_f}$ et d'ordonnée à l'origine $\ln K_f$ [59].

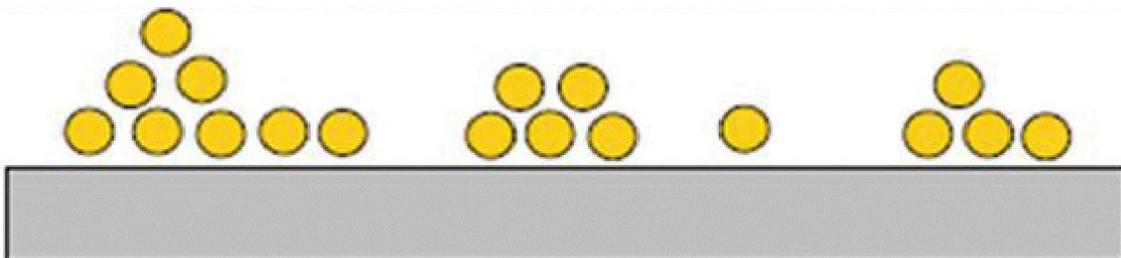


Figure N° 09 : Modèle d'adsorption en multicouche selon Freundlich [57].

IX- Fabrication des adsorbants**IX-1 La bentonite**

La bentonite est une roche argileuse, friable, tendre, sa teinte dépend des composés minéraux et des impuretés qui lui sont étroitement associées. Elle est blanche, grise, ou légèrement jaune. Elle se caractérise par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement [58].

IX-1-1 Origine de la bentonite

L'altération et la transformation hydrothermale de cendres des tufs volcaniques riches en verre entraînant la néoformation des minéraux argileux, qui font partie principalement du groupe des smectites, les roches argileuses ainsi formées portent le nom de bentonite, d'après le gisement situé près de fort Benton (Wyoming. Etats-Unis). Elle contient plus de 75% de montmorillonite ; cette dernière fut découverte pour la première fois en 1847 près de Montmorillon, dans le département de la Vienne (France) [59].

Les bentonites se caractérisent par une capacité élevée d'adsorption, d'échange ionique et de gonflement. Elles ont de ce fait de larges applications, toujours plus nombreuses et dans différents domaines tels que, épuration des eaux, décoloration des huiles et des graisses, comme charge dans l'industrie du papier, des savons des détergents et dans l'industrie pétrolière [59].

En Algérie les gisements de bentonite les plus importants économiquement se trouvent dans l'Omanie (ouest algérien). On relève en particulier la carrière de Maghnia (Hammam Boughrara) dont les réserves sont estimées à un million de tonnes et de celle de Mostaganem (m'zila) avec des réserves de deux millions de tonnes [22].

IX-1-2 Structure et la composition de la bentonite

Est constituée principalement par un minéral argileux appelé montmorillonite, dont la structure est schématisée dans la (figure N° 10). La montmorillonite est composée de feuillets complexes à trois couches, séparés par des molécules d'eau, sa structure reste peu connue, c'est pourquoi diverses hypothèses sont admises notamment celles d'Hoffmann et d'Edelmann [64].

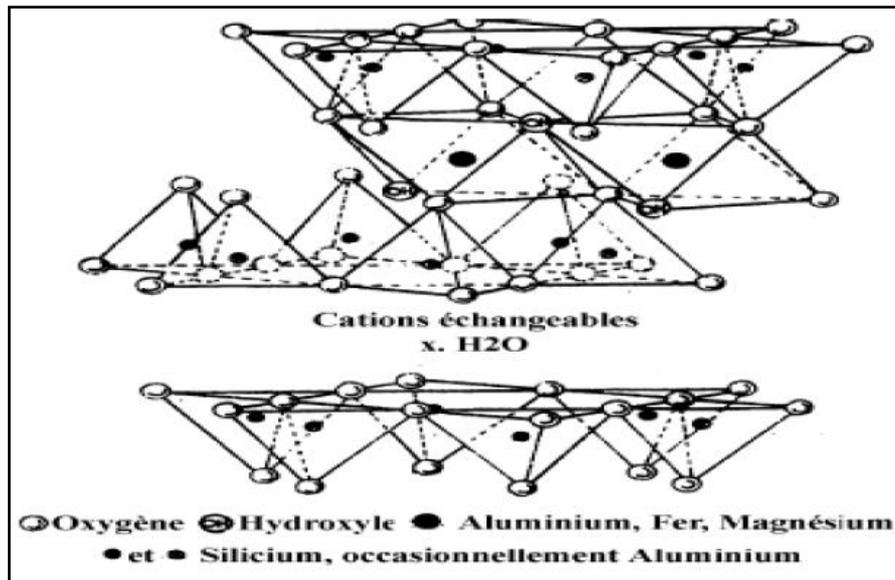


Figure N° 10 : structure d'une montmorillonite [65].

a) Hypothèse d'Hoffmann

D'après Hoffman et ses collaborateurs, la montmorillonite est un aluminosilicate composé d'unités structurales dites « feuillets ». Celles-ci sont constituées d'une couche octaédrique (alumino-magnésienne) comprise entre deux couches tétraédriques (siliceoxygène). Certains atomes d'oxygène sont communs aux couches de tétraèdres et d'octaèdres. Ils occupent une partie des groupements hydroxyles OH [66].

b) Hypothèse de Conald

Mc Conald a proposé, en s'appuyant sur des recherches basées sur la déshydratation thermique, une structure dans laquelle un nombre d'atomes oxygènes de la couche silice sont remplacés par des groupements OH qui peuvent ou non être groupés en tétraèdres.

Le centre de ces dernières demeures vides au lieu d'être occupé par un ion Si^{4+} ou Al^{3+} [67].

c) Hypothèse d'Edelmann

Edelmann et ses collaborateurs ont proposé un autre schéma de structure de la montmorillonite où des tétraèdres de silicium dans les deux couches sont orientés dans des directions opposées. Les mêmes auteurs, mentionnent que dans certains de ces tétraèdres de silicium, des groupements hydroxyles prennent la place des atomes d'oxygène [68].

Les bentonites se composent d'un mélange de smectites (principalement montmorillonite) et d'illite. Elle contient au moins 75% de montmorillonite, cependant, autres argiles minérales à savoir l'illite et la kaolinite peuvent également y être présentées. Quoique certaines soient relativement pures le contenu en minéraux non argileux est rarement inférieur à 10%. La composition en montmorillonite varie d'une bentonite à une autre [69].

IX-1-3 Application des bentonites

Les propriétés spéciales de la bentonite (hydratation, gonflement, absorption d'eau, viscosité, thixotropie) font d'elle un matériel valable pour plusieurs utilisations et applications [70].

De nombreux travaux ont montré que les argiles possèdent aussi des propriétés catalytiques. On retiendra [71].

- Les catalyseurs argileux dans le cracking des produits pétroliers :
- Les propriétés catalytiques de la montmorillonite dans la formation des aminoacides et leur polymérisation en peptides.
- Les essais de polymérisation du benzène en polygraphényle sur montmorillonite :
- Les essais de polymérisation du styrène, du méthacrylate de méthyle et d'autres composés organiques non saturés sur les surfaces de certains minéraux argileux.

D'autres utilisations reposent sur ses facultés d'adsorption [72].

- Comme adjuvant pour nourriture animale ;
- comme dégraissant et décolorant ;
- pour le génie civil : voile d'étanchéité, injection de ciment ;
- pour les boues de forages ;
- Pour la fabrication des moules de fonderie ;
- Pour le bouletage du minerai de fer.

IX-2 Tiges de dattes (pédicelle)

IX-2-1 Généralités

Le palmier dattier est un arbre rustique s'adaptant aux régions les plus arides du monde, et une monocotylédone arborescente de la famille des palmacées ou phoenicacées,

sous famille des coryphinées, du genre phoenix et de l'espèce phoenix dactylifera L. Il constitue la principale source de vie de la population Saharienne [73].

En Algérie, la culture du palmier dattier est essentiellement localisée dans les wilayats sahariennes. On estime le nombre à 10 millions de palmiers dattiers dont 76 % productifs donnant une production annuelle de 270000 tonnes de dattes dont 45 % ainsi les sous-produits du palmier dattier tel que les pédicelles de dattes (tige de datte) estimer à 4968 tonnes [74].

Ces déchets sont couramment abandonnés ce qui représente des sources importantes de nuisance. Cette situation conduit à des pollutions qui peuvent avoir des impacts négatifs sur la santé humaine et l'environnement.

Par définition les tiges de dattes (pédicelle) (figure N° 11) ce sont des sous-produits récupérés après la récolte de la production dattier, elle porte essentiellement les fruits et les grains [75].

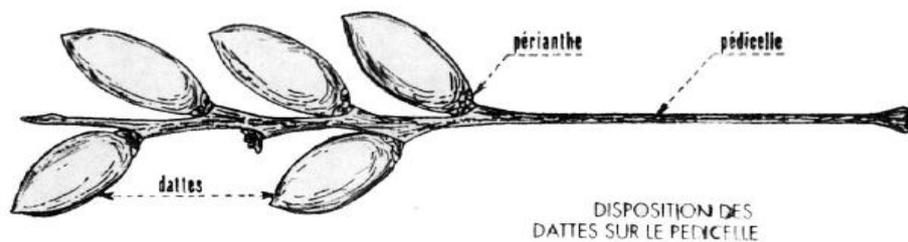


Figure N° 11 : Morphologie de la tige (pédicelle) [76]

IX-2-2 Composition microscopique

Le microscope optique montre que la composition des tiges est caractérisée par la présence d'un nombre important de fibres entourées par une couverture (enveloppe) plus ou moins rugueuses (figure N° 12) [78].

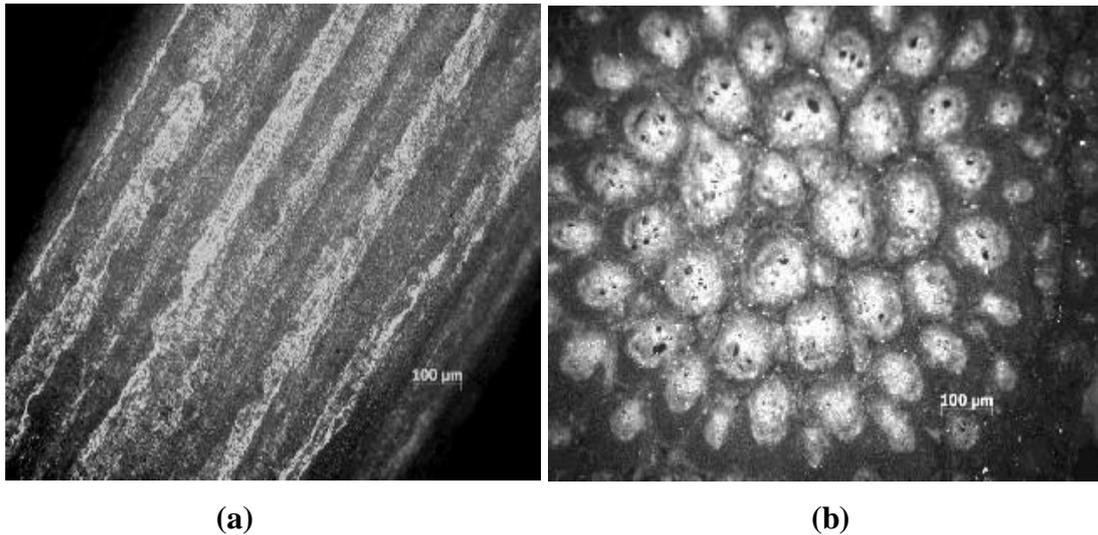


Figure N° 12 : Photographies au microscope de tiges de dattiers
a. vue de l'enveloppe extérieure **b.** vue d'une coupe transversale

IX-2-3 Composition chimique des fibres des branchettes de datte

Les composants majoritaires des fibres de pédicelle (tige de datte) et la cellulose brute, hémicelluloses et la lignine, parent qu'entre ces fibres sont pauvres en matières azotées (Tableau N°1) [77].

Tableau N° 06 : composition chimique des fibres de tige de datte

Type De Fibre	Matière sèche (%)	Matière Minérale (%)	Matière Azotée Totale (%)	Cellulose Brute (%)	Lignine (%)	Hémicellulose (%)
Tige de datte	93.98	08.03	3.93	36.55	19.58	29.06

[43].

IX-2-4 Type de tige de datte

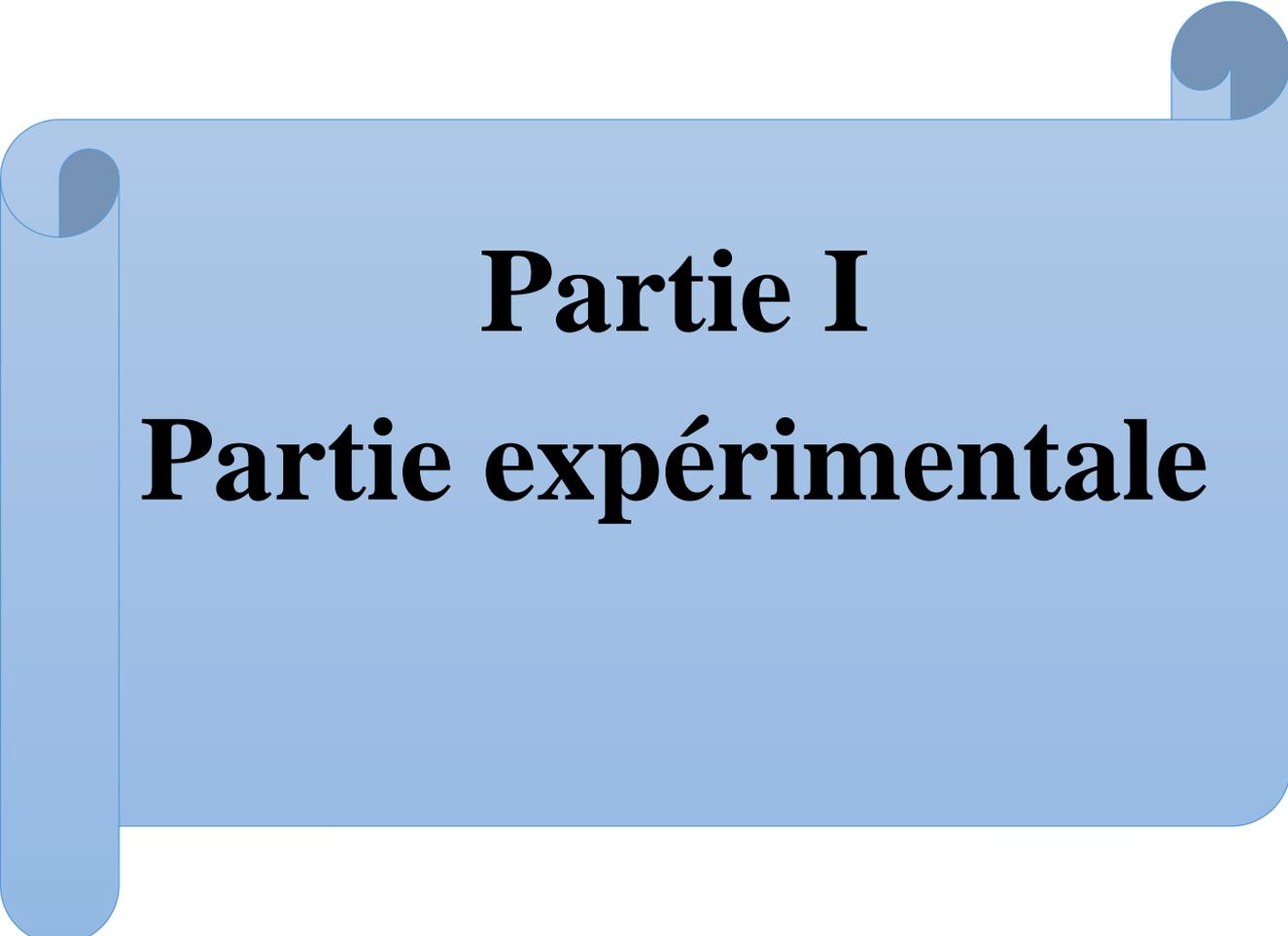
La branchette n'a pas la même morphologie et la même épaisseur. Pour cela, on aura 2 types de tiges [42].

- Les tiges plus ou moins régulières : présence de quelques incrustations Sous forme de chapeau (attachent des dattes), nuance claire, épaisseur de 3 à 4.5 mm

- Les tiges beaucoup moins régulières ; présence de beaucoup d'incrustations sous forme de chapeau (attache des dattes), nuance foncée, épaisseur de 1 à 3.5 mm (figure N° 13) [42].



Figure N° 13 : Tige plus ou moins régulières.



Partie I
Partie expérimentale

L'étude expérimentale de ce travail a été menée dans le laboratoire de traitement des eaux du département d'agronomie de l'université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou (du 21-03-2016 au 05-06-2016).

Dans ce chapitre nous avons décrit le matériel et les méthodes utilisés lors des procédés expérimentaux et dans l'étude de la transformation de la matière végétale en charbon activé.

I- Matériaux utilisés

Au cours de notre travail, nous avons utilisé deux sous produits naturels les tiges de dattes et la bentonite provenant de Maghnia et un charbon commercial qu'est un charbon en poudre provenant du commerce également utilisé pour comparer l'efficacité d'adsorption de ces derniers, le réactif utilisé pour la modification de la porosité des deux charbons est l'acide phosphorique (85%).

II- Choix de la matière première et de l'agent activant

La matière première utilisée dans cette étude est constituée de tige de dattes et de la bentonite activée à 450 °C dans un milieu anaérobie par l'acide phosphorique ($H_3 P O_4$). Ces résidus sont bon marché et constituent une source renouvelable. $H_3 P O_4$ est un agent activant classiquement utilisé dans les procédés d'activation chimique. Il offre plusieurs avantages. Il est un agent non polluant, l'élimination est par lixiviation dans l'eau et le recyclage de cet agent est possible après lavage à l'eau de plus l'utilisation d'acide phosphorique donne la possibilité de développer des charbons microporeux et /ou mésoporeux dont la surface spécifique dépend de la température d'activation.

L'adsorption des colorants a été étudiée respectivement pour ces charbons actifs, préparée avec le charbon commercial pour tester leur efficacité d'adsorption. Le choix de ces charbons actifs s'explique par leur bonne capacité à éliminer les polluants.

III- Fabrication du charbon actif à partir des tiges de dattes et la bentonite**III-1 Les différentes étapes du charbon actif à base des tiges de dattes (pidecelle)**

- Les tiges de dattes sont lavées afin d'éliminer toute sorte de poussières ou d'impuretés puis laisser sécher, une fois séchées, ces dernières sont coupées en petits morceaux
- Puis on les a placés dans un four à moufle de type LM 512.07 pendant 4 heures à 500 °C, après carbonisation on a effectué un broyage jusqu'à l'obtention d'une poudre noire.
- Les adsorbant sont traités chimiquement avec l'acide phosphorique ; dans deux béchers différents on a introduit 50g du broyat et 200 ml de la solution $H_3P O_4$ à (50%) une fois le mélange agité, on l'a laissé à l'abri de la lumière pendant 24 heures.
- Après l'imprégnation on a versé le mélange pâteux dans des moules en céramique, qu'on a placés encore une fois dans le four à moufle à une température de 150 °C pendant 1heure, puis on a augmenté cette dernière à 300 °C pour une heure de plus, et ensuite on l'a passé à 450 °C pendant quatre heures.
- Après refroidissement du mélange, on l'a lavé plusieurs fois, avec de l'eau distillée chaude pour éliminer tout l'acide résiduel, jusqu'à un PH neutre (PH=7), puis on l'a filtré. Le filtrat obtenu est séché dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures.
- On a obtenu un produit sec de couleur noir ; on l'a tamisé avec un tamis de diamètre de 50 μm

III-2 Les différentes étapes du charbon actif à base de la bentonite brute

On reproduit les mêmes étapes (imprégnation, activation, et séchage) en utilisant la bentonite à la place des tiges de dattes.

VI-4. Préparation des solutions**➤ Acide phosphorique ($H_3P O_4$)**

On a préparé une solution d'acide phosphorique ($H_3P O_4$) d'une concentration massique de 50 % et on a utilisé de l'eau distillée comme solvant, d'une solution d'acide phosphorique de 85 %.

➤ Colorants (bleu de méthylène et le vert Brillant)

Les solutions mères de BM et de VB à 10 mg/l ont été préparées par dissolution respective de leur sel dans l'eau distillée, les solutions filles devant servir à l'analyse, ont été obtenues par des dilutions successives jusqu'aux concentrations désirées qui

vont de 0.01 mg/l à 0.09 mg/l pour les essais d'adsorption et pour déterminer les courbes d'étalonnages.

V- Méthodes utilisées :

Après avoir passé nos adsorbants (TD et BNT) au MEB, on a procédé à l'adsorption en suivant la méthode spectrophotométrique.

➤ Spectrophotomètre UV-Visible :

La spectrophotométrie d'adsorption UV-Visible consiste à mesurer l'atténuation de la lumière traversant un milieu pour pouvoir déterminer les concentrations des substances absorbantes.

Le domaine spectral de l'UV-Visible est largement exploité en analyse quantitative. La loi de Beer-Lambert est une loi additive qui s'applique aux différentes formes qu'elle peut prendre. Cette loi est valable pour des solutions diluées. Cette technique est utilisée dans notre étude pour la quantification des colorants (BM et VB) avant et après adsorption.



Figure N°14 : spectrophotomètre UV-Visible.

➤ Mode opératoire

- Introduire dans un bécher, 50 ml de la solution du bleu de méthylène à une concentration connue
- Ajouter 0.05g du charbon actif.
- Agiter pendant un laps de temps donné.
- Filtrer le mélange
- Remplir la cuve de l'eau distillée et effectuer une mesure à une longueur d'onde de 664 nm, et faire une lecture directe de l'absorbance puis tarer.

- Remplir encore une fois la cuve avec la solution du colorant.
- Lire et noter la valeur de l'absorbance.

Pour le vert brillant on a suivie les mêmes étapes que le bleu de méthylène sauf qu'on effectue une mesure à une longueur d'onde de 490 nm.

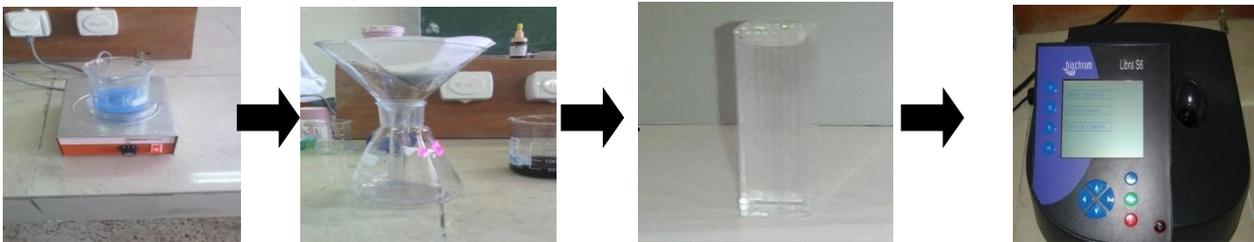
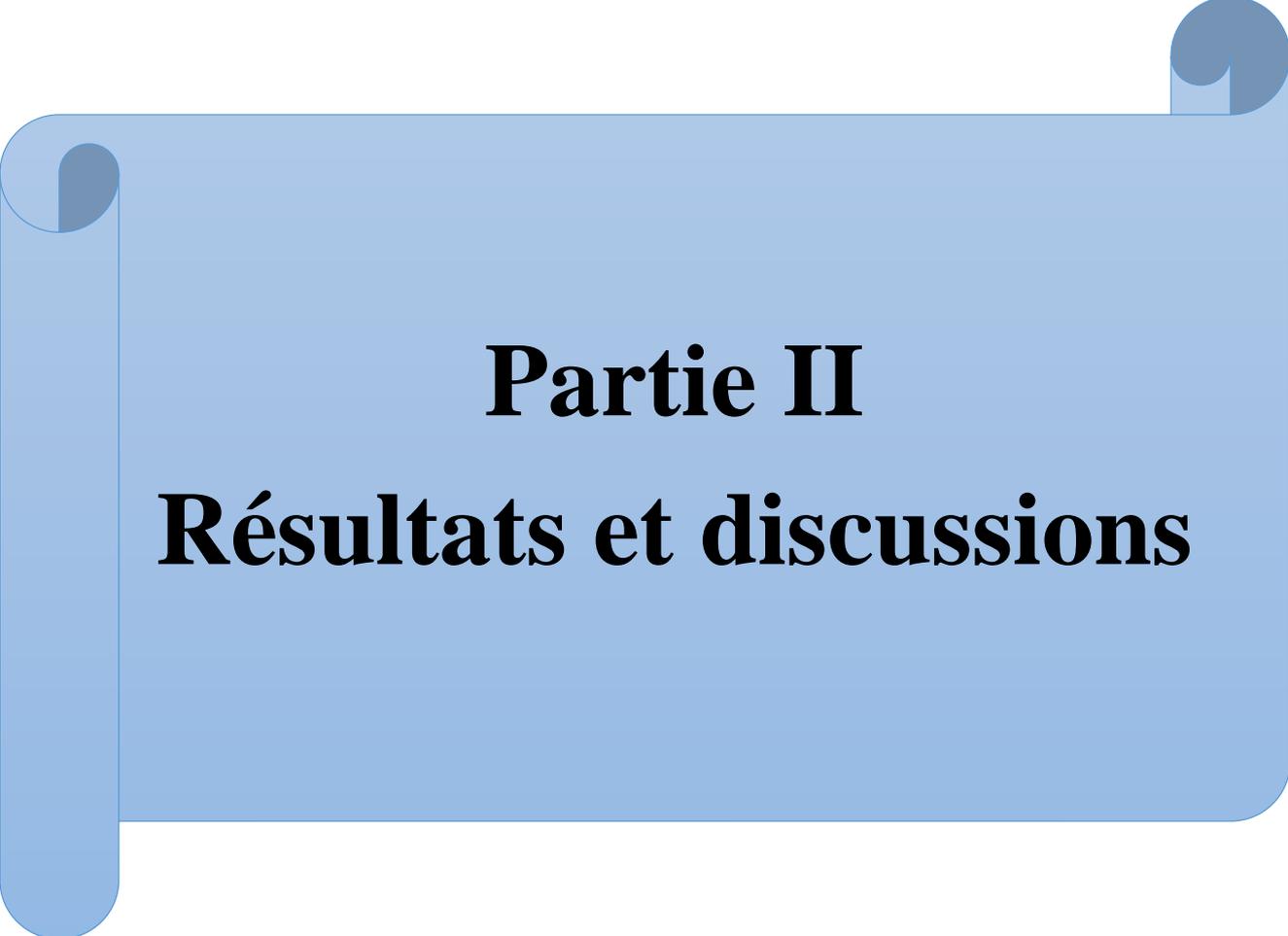


Figure N° 15 : schéma représentatif de mode opératoire de spectrophotomètre.

➤ **Microscope électronique à balayage MEB**

Le microscope électronique à balayage permet d'obtenir des images de surfaces de pratiquement tous les matériaux solides à des échelles allant de celle de la loupe (x10) à celle du microscope électronique en transmission (x 500.00 ou plus). Le principe du fonctionnement du MEB est les interactions entre la matière et un faisceau d'électron.



Partie II
Résultats et discussions

Ce chapitre représentera essentiellement les résultats de l'adsorption des solutions du bleu de méthylène et vert brillant sur quatre adsorbants (tiges de dattes, bentonite brut, bentonite activée et charbon commercial).

I- Morphologie des adsorbants

L'examen de la morphologie des quatre adsorbants est réalisé à l'aide d'un microscope électronique à balayage (74) de type ESEM XL 30 marque Philips (Germany), la différence de potentiel est de 20 kv, la distance de pénétration 20 μm , 50 μm et 100 μm .

L'analyse par microscope électronique à balayage nous a permis de comparer la morphologie des adsorbants avant et après activation à différentes résolutions (Figure N°16 et 17)

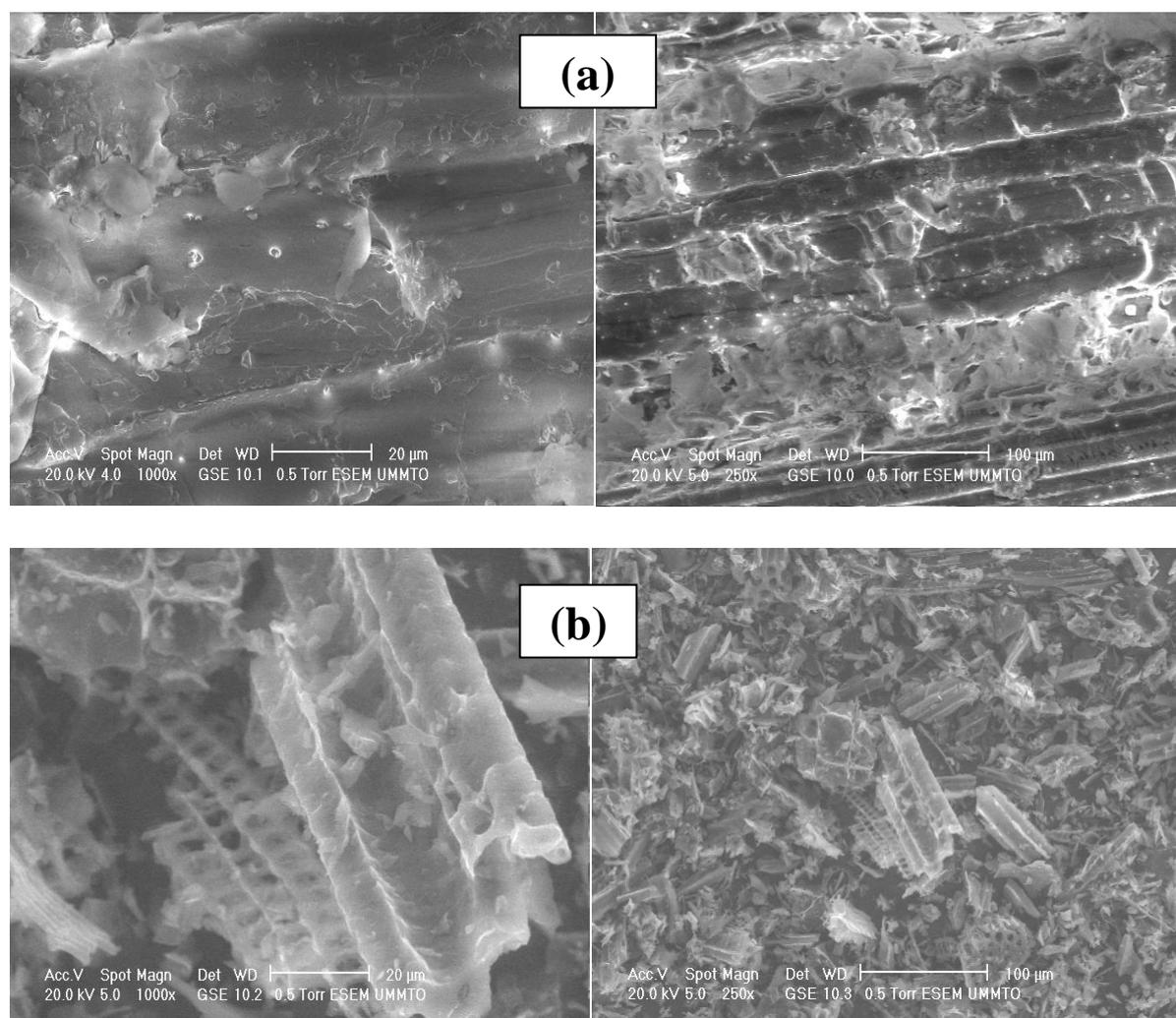


Figure N°16: Photographies des tiges de dattes au MEB à différentes résolutions

(a)-avant l'activation (b)-après l'activation.

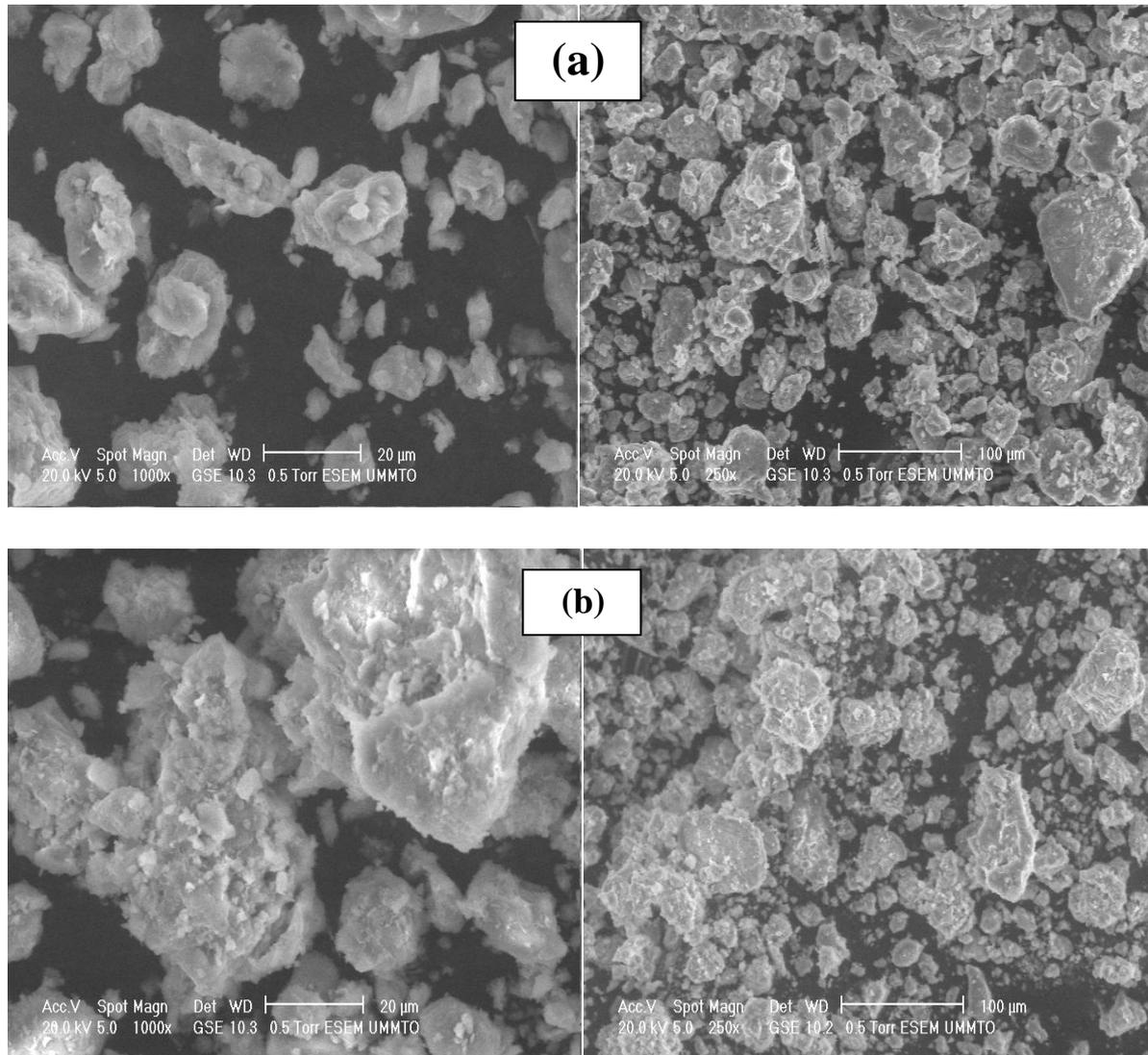


Figure N°17 : Photographies de la BNT au MEB à différentes résolutions

(a)-avant l'activation (b)-après l'activation.

D'après ces résultats, on remarque une modification importante de la morphologie du charbon après son activation, celle - ci peut être expliquée par le fait que l'activation à des températures croissantes permet une augmentation de la surface spécifique, tout en augmentant sa porosité (75).

II- Calcule des quantités adsorbées

➤ Déterminations du temps de contacte

Pour la détermination du temps d'équilibre (temps de contacte), on introduit une masse de 50 mg de l'adsorbant (CC, TD, BNT activée et brute) dans 50 ml de la solution colorante (BM et VB) de concentration (1 mg/ à 9 mg/l) la température est maintenue à 25° C, la vitesse est fixée à environ 500 tours/ min et nous avons fait varier le temps d'agitation (tableaux 2, 3, 4, 5 (Annexe 01) et 12, 13, 14, 15 (annexe 02)).

Pour toutes les concentrations étudiées, on remarque qu'il reste toujours dans notre solution une quantité de colorant non adsorbée, appelée concentration à l'équilibre (C_e). Dans ce cas la quantité adsorbée (Q_e) peut être calculée par la méthode des restes, présentés par la relation.

$$Q_e = x/m = (C_0 - C_e) * V/m \quad \text{Eq : II-1}$$

X : Quantité fixée sur l'adsorbant (mg) ;

m : Masse d'adsorbant (g) ;

(x/m) : Quantité éliminée par unité de masse d'adsorbant (mg/g) ;

C_0 : Concentration initiale (mg/L) ;

C_e : Concentration à l'équilibre ;

V : Volume constant de la solution (litre) ;

L'isotherme d'adsorption est obtenue en traçant la courbe de la quantité adsorbée (Q_e) en fonction de la concentration à l'équilibre (C_e).

III- Isotherme d'adsorption

Les données de fixation du colorant (BM et VB) sur les adsorbants sont traitées selon les modèles de Langmuir, Freundlich et Temkin, le but est de pouvoir vérifier le modèle selon lequel se fait l'adsorption et d'en déduire les quantités maximales adsorbées ainsi que l'affinité de l'adsorbat vis-à-vis de l'adsorbant.

III-1 Modèle de Langmuir

La forme linéaire de l'isotherme de Langmuir est donnée par l'équation s

$$q = \frac{q_m k_m C_e}{1 + k_a C_e} \quad \text{Eq: II - 2}$$

Avec :

q : Quantité de colorant adsorbée par le charbon ;

q_m : Quantité maximale d'adsorption ;

C_e : Concentration en solution à l'équilibre d'adsorption ;

K_a : Concentration d'adsorption spécifique de l'adsorbat sur le charbon.

La linéarisation de la relation Eq.1 donne l'équation suivante.

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m k_a C_e} \quad \text{Eq: II-3}$$

III-2 Modèle de Freundlich

La relation empirique de Freundlich a été largement utilisée pour les systèmes hétérogènes et en particulier pour d'écrire le phénomène d'adsorption des composés organique sur le charbon actif. L'isotherme est d'écrite par l'équation suivante :

$$q_e = k C_e^{1/n} \quad \text{Eq : II-4}$$

Q_e : Quantité de soluté adsorbée par unité de masse de l'adsorbant (mg/g).

C_e : Concentration de l'adsorbât a l'équilibre d'adsorption (mg/l).

K et $1/n$: Constantes de Freundlich, indicatives de l'intensité et de la capacité d'adsorption.

Cette formule a été exploitée sous sa forme linéaire :

$$\log c_{ads} = \log k + \left[\frac{1}{n} \right] \log c_{eq} \quad \text{Eq : II-5}$$

IV- 3 Modèle de Temkin

La forme linéaire de l'isotherme de Temkin est donnée par l'équation suivante

$$Q_e = B \ln(k_T) + B \ln(c_e) \quad \text{Eq: II-6}$$

K_T et B : constante de Temkin

IV- Cinétique d'adsorption

IV-1 Bleu de méthylène

IV- 1-1 Courbe d'étalonnage

La courbe d'étalonnage des absorbances en fonction des concentrations en bleu de méthylène a été obtenue en employant les solutions du bleu de méthylène de concentrations comprises entre 1 et 9 (mg/l), les mesures d'absorbance sont effectuées sur le spectrophotomètre UV à une longueur d'onde $\lambda = 664$ nm par parcours optiques de 1 cm d'épaisseur (figure N°18).

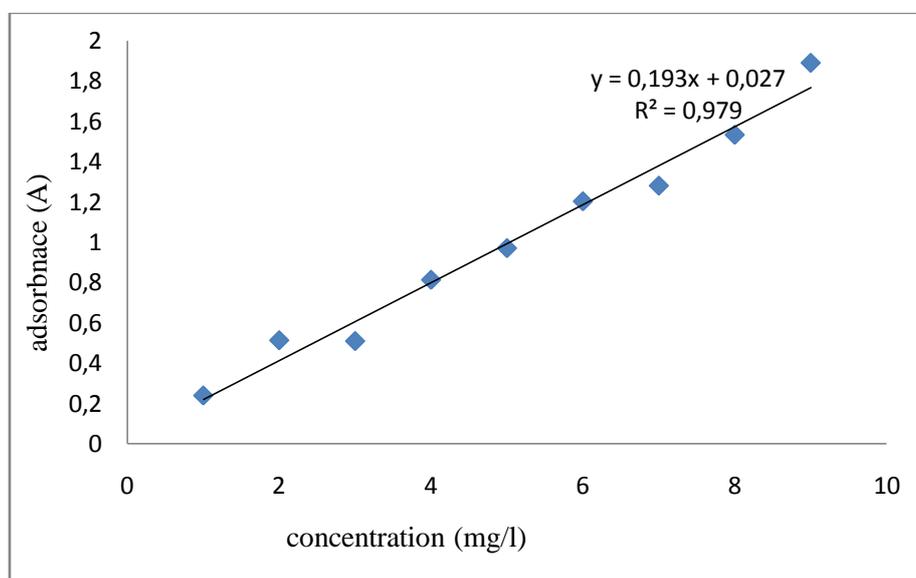


Figure N° 18 : Courbe d'étalonnage du bleu de méthylène

IV-1-2 Détermination des isothermes d'adsorption

L'évolution de la quantité de BM adsorbée sur les charbons actifs étudiés (tige de datte, bentonite et charbon commercial) en fonction de la concentration à l'équilibre à un PH 7 et la température ambiante 26 °C.

L'étude de la cinétique en fonction de la concentration a montré que la quantité du BM adsorbé diffère en fonction de la concentration à l'équilibre et on remarque que cette quantité augmente avec l'augmentation de cette concentration et on obtient une quantité élevée de 8.596 mg/g pour une concentration à l'équilibre de 0.403 mg/l sur le CM et la quantité de BM adsorbée de 8,486 mg/g pour une concentration à l'équilibre de 0,513 mg/l sur les TD et 8,597 mg/g pour une concentration de 0,405 mg/l sur la BNT brute on obtient aussi une quantité de 8,589 mg/g a une concentration de 0.410 mg/l sur la BNT activée (figure N° 19).

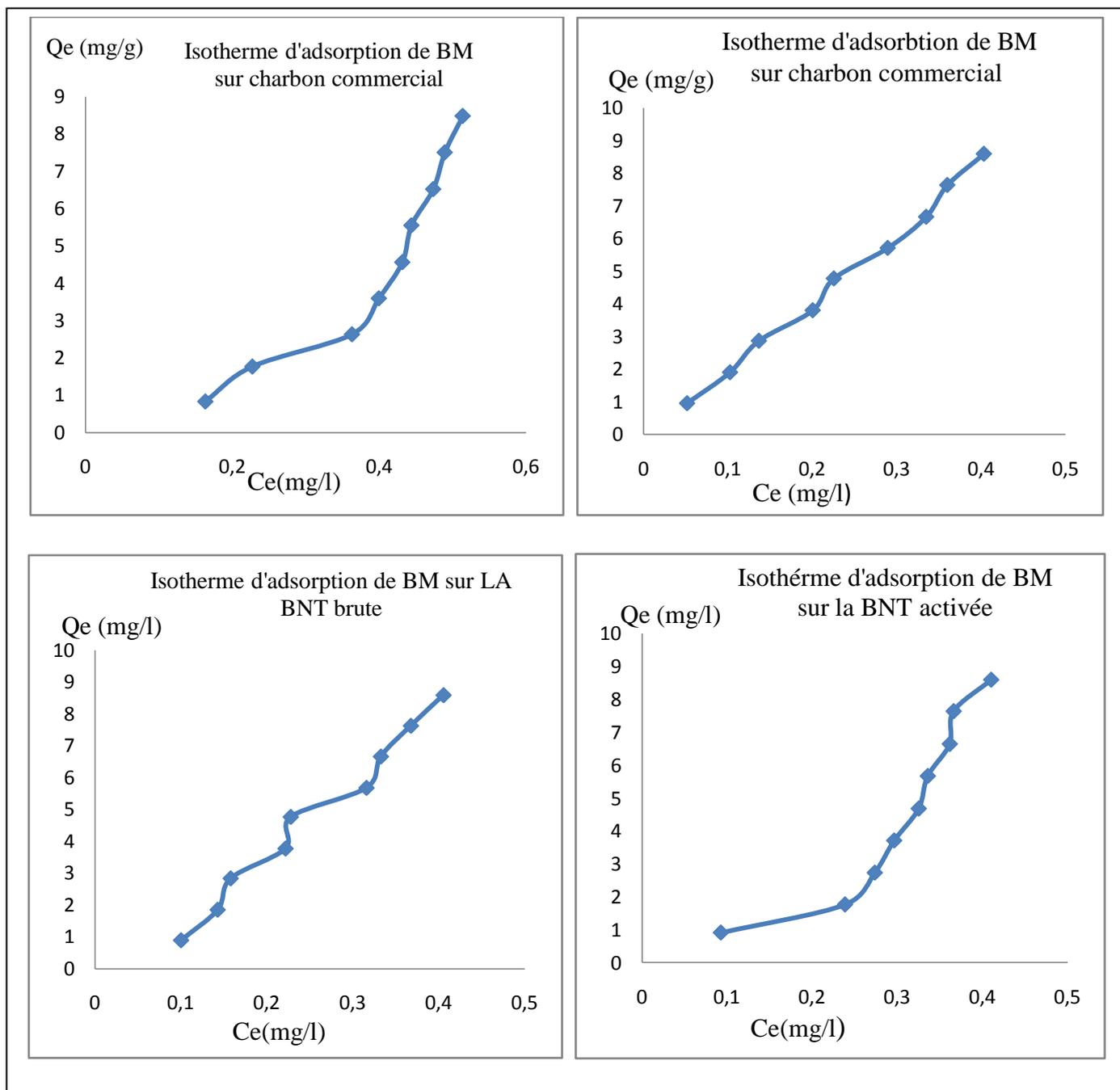


Figure N° 19 : Les isothermes d'adsorption de BM

Les représentations graphiques des formes linéaires des modèles de Langmuir, Freundlich et Temkin sont représentées par les figures (20,21 et 22).

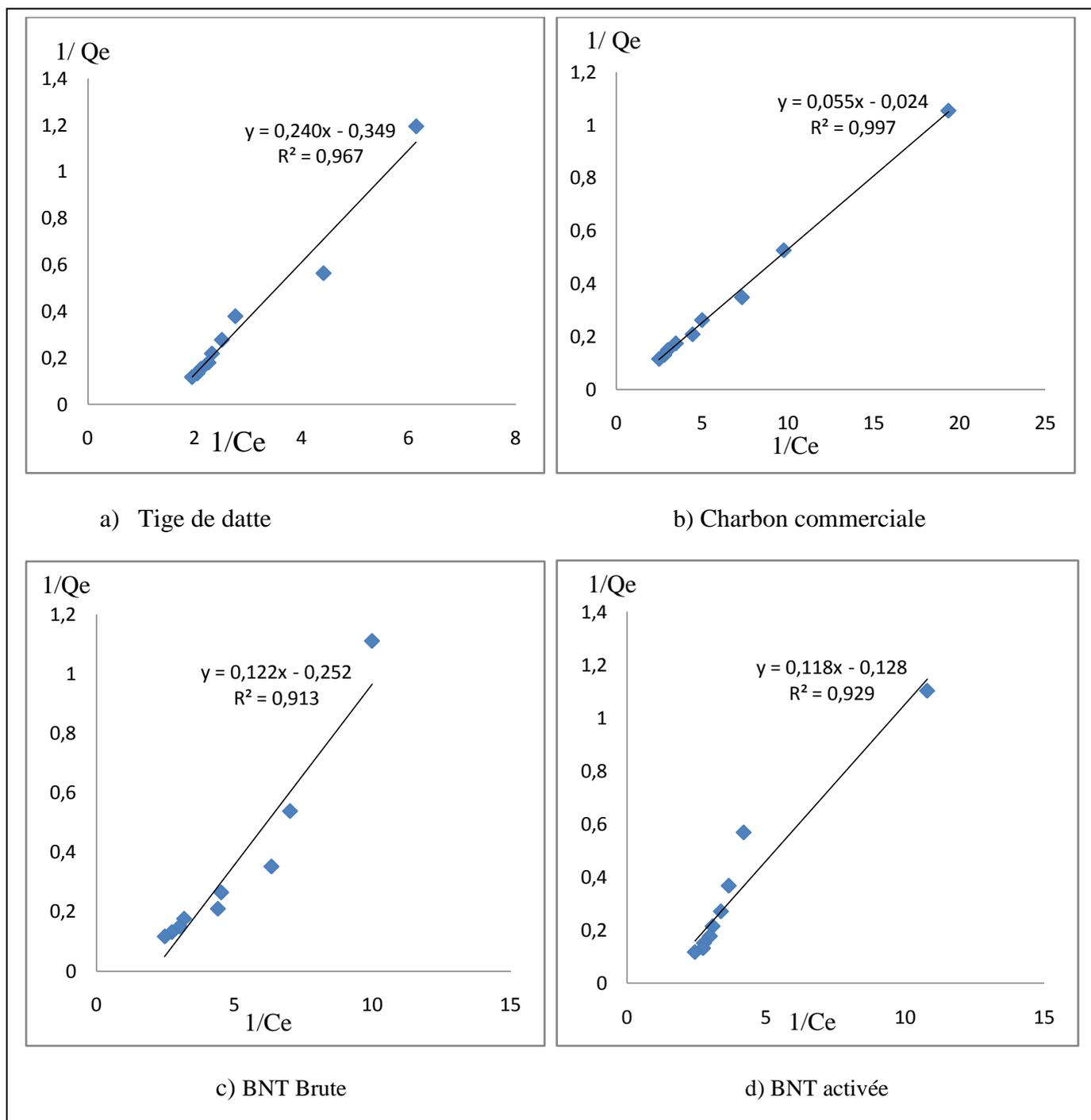


Figure N° 20 : Résultats d'adsorption du BM selon l'isotherme de Langmuir.

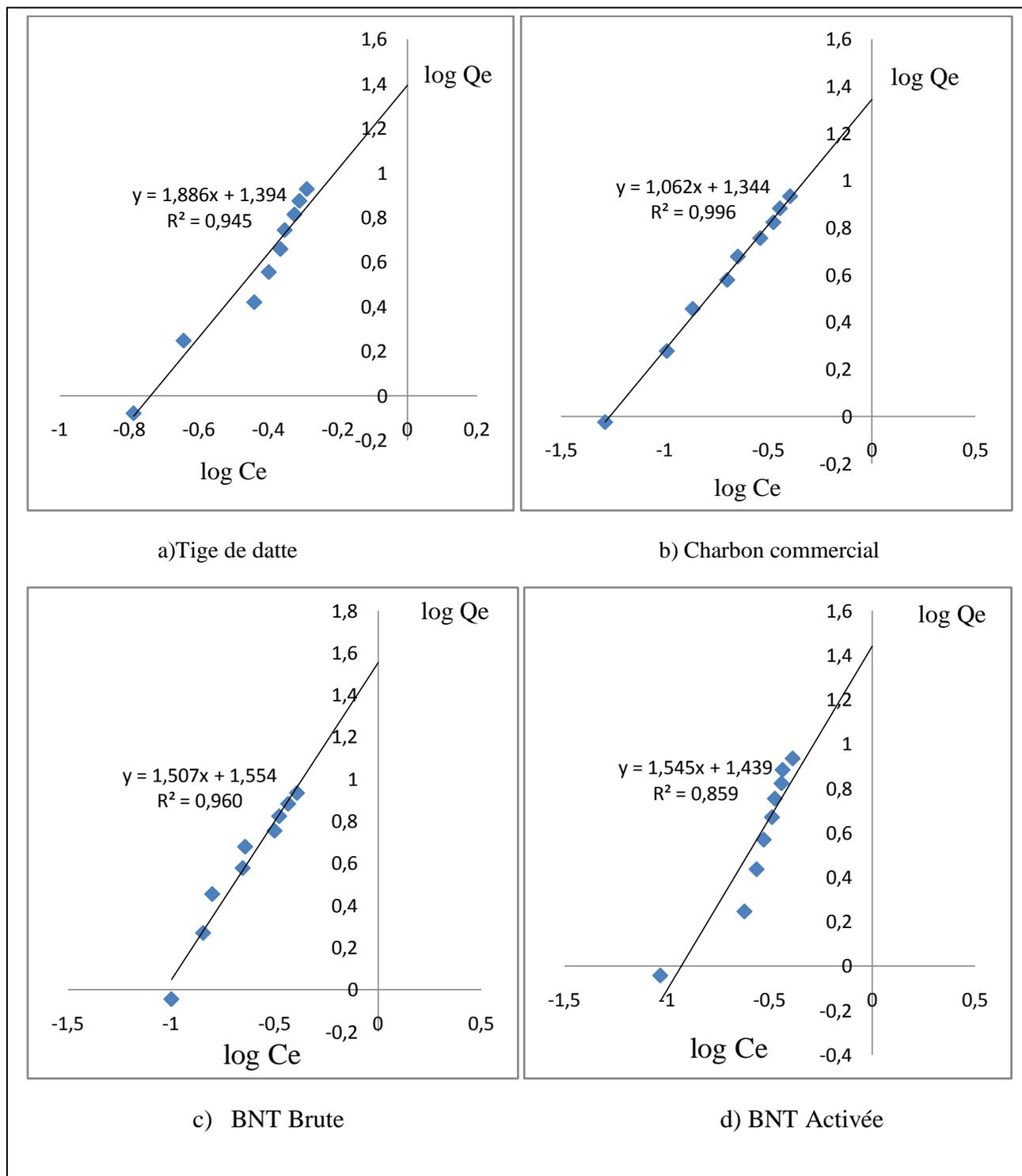


Figure N°21 : Résultats d'adsorption du BM selon l'isotherme de Freundlich.

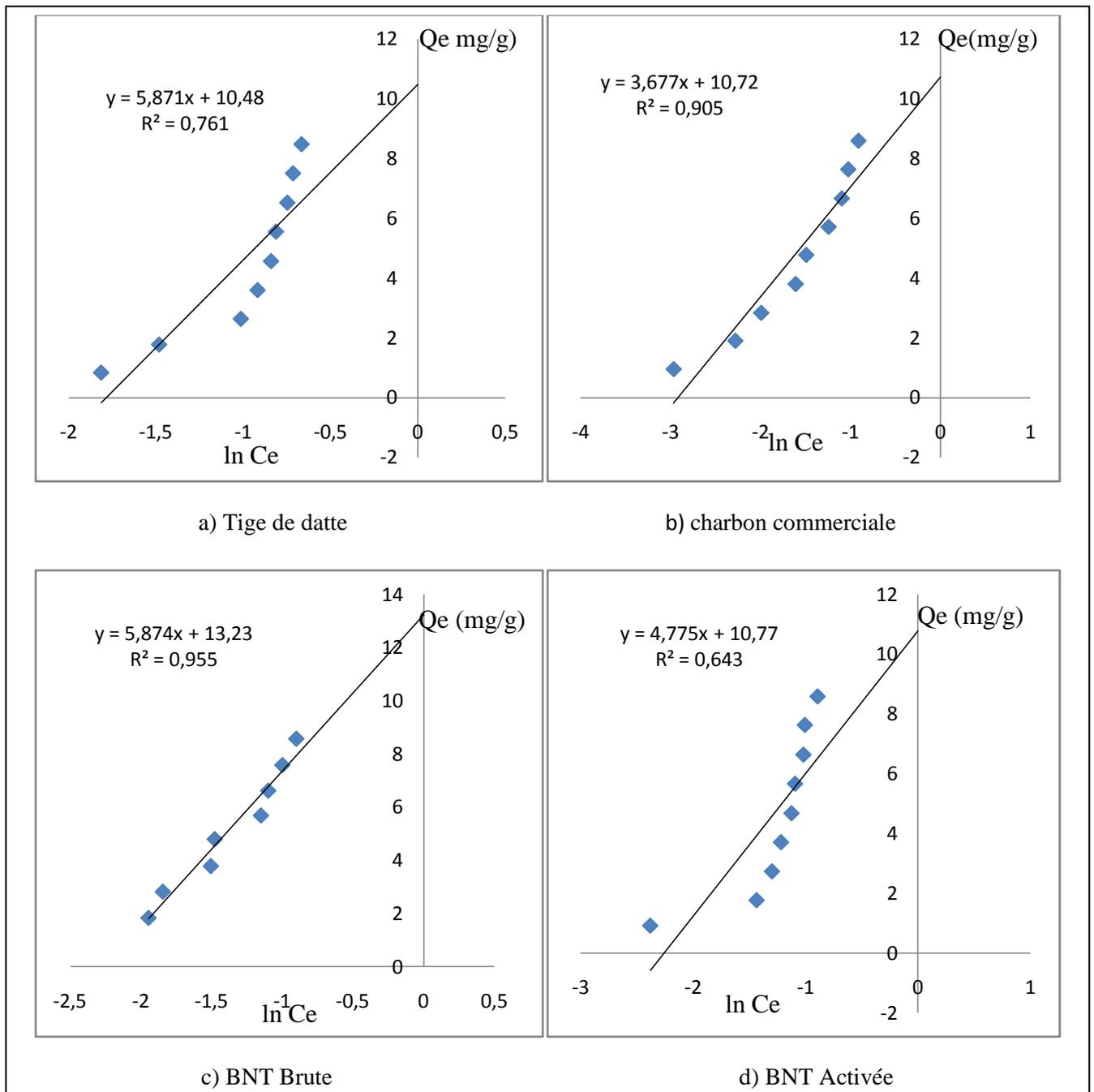


Figure N° 22 : Résultat d'adsorption du BM selon Temkin.

Les paramètres des courbes ainsi que les quantités maximales d'adsorption sont données dans le tableau N° 07

Tableau N° 07 : Paramètres des modèles d'adsorption du BM et coefficient de détermination :

Les adsorbants Utilisés	Langmuir			Freundlich			Temkin		
	Q max	Ka	R ²	K _f	1/n	R ²	B	k _T	R ²
CC	41.666	0,043	0,997	3.83	1,062	0.996	3,677	18,448	0.905
TD	2,865	6.346	0,967	4.03	1,886	0,945	5,871	5,959	0.761
BNT A	7,812	1,084	0,929	4,21	1,545	0,859	4,687	354,603	0.859
BNT B	3,968	2,065	0,913	4,51	1,507	0,960	5,874	9,506	0.955

Le mode d'adsorption du bleu de méthylène sur les différents adsorbants où on remarque les plus grands facteurs de corrélation (0,997 sur charbon commercial et 0.967 sur les tiges de dattes et 0.929 sur la Bentonite activée) semble correspondre à celui de Langmuir.

L'adsorption se fait monocouche et selon Freundlich pour la bentonite brute avec un coefficient de corrélation de 0,960 ce qui convient à l'adsorption en multicouche.

IV-1-3 Factures qui influent sur la cinétique d'adsorption :

IV-4-1-3-1 Influence de la concentration initiale du colorant

Les rendements maximaux des adsorbants correspondent au rendement d'élimination le plus élevé.

Le rendement est défini par la relation suivante (51)

$$R(\%) = 100 * (C_0 - C_e) / C_0 \quad \text{Eq : II-7}$$

Ou :

C₀ : Concentration initiale de colorant (mg/l).

C_e : Concentration à l'équilibre (mg/l).

L'influence de la concentration initiale sur les rendements maximaux d'élimination est donnée sur le tableau N° 08

Tableau N°08 : Evolution des rendements d'adsorption du BM sur quatre charbons actifs.

C (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R(%) TD	83,694	88,640	87,901	90,396	91,369	92,601	93,233	93,883	94,290
R(%) BNTB	89,974	92,860	94,733	94,445	95,442	94,733	95,247	95,404	95,493
R(%) BNTA	90,733	88,075	90,885	92,594	93,498	94,404	94,835	95,423	95,442
R(%) CC	94,835	94,873	95,442	94,625	95,488	95,176	95,214	95,499	95,518

Les rendements d'adsorption du BM sur les quatre adsorbants sont très élevés ce qui confirme la capacité importante de ces adsorbants. La valeur optimale de concentration initiale de 9 mg/l a donné un rendement de 95,518 % avec le CM, de 94,290 % avec les TD, de 95,493% sur la BNT brute et de 95,442% sur la BNT activée.

Les résultats obtenus montrent que les rendements d'élimination du BM, exprimés en pourcentages, sont importants ce qui confirme que les trois charbons préparés sont très efficaces mais n'adsorbe pas le BM avec la même capacité.

IV- 4-1-3-2 Influence du temps d'agitation

La figure N°08, représente l'influence du temps d'agitation sur le rendement d'adsorption du bleu de méthylène et met en évidence deux phases.

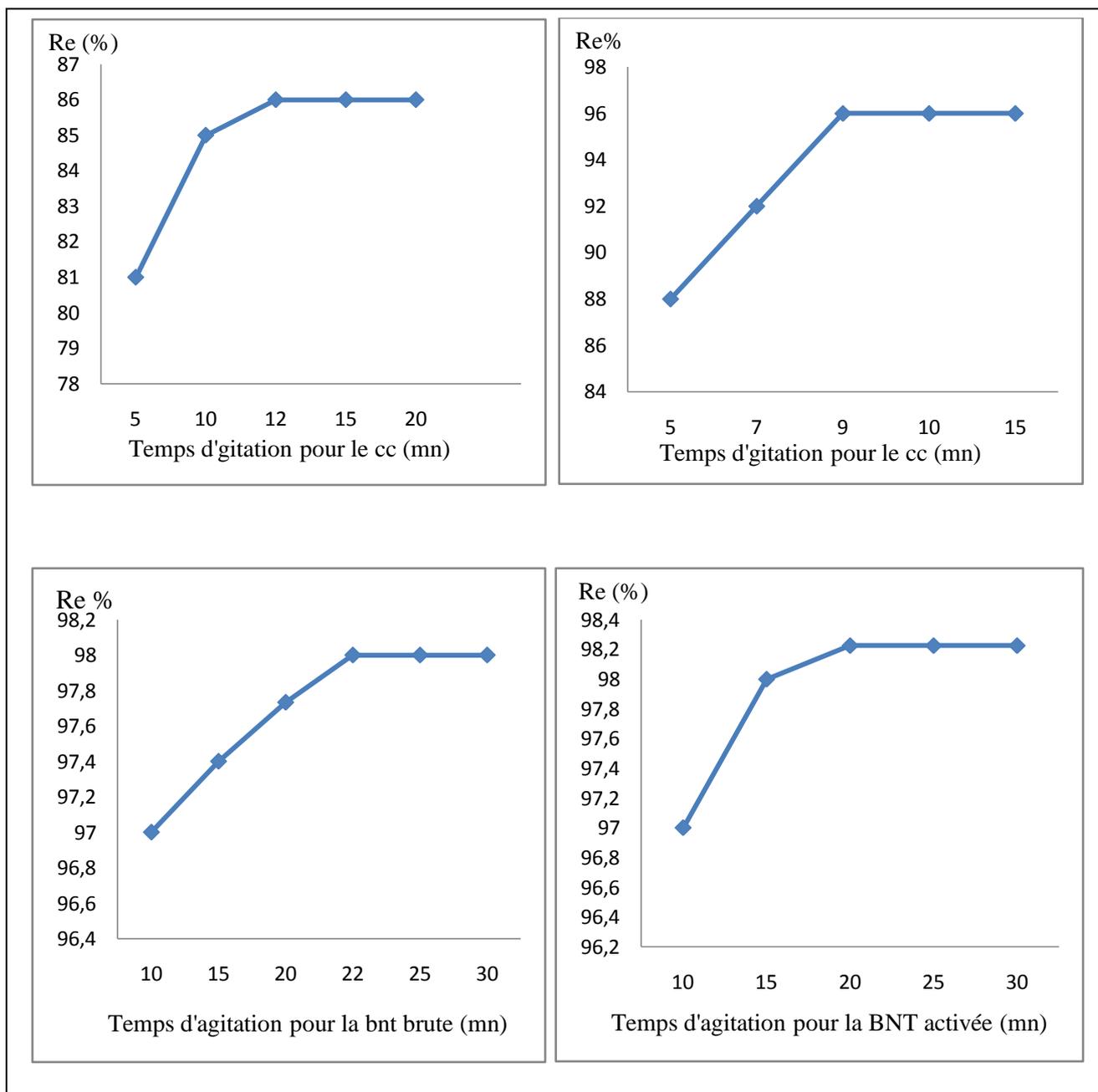


Figure N°23 : Influence de temps d'agitation sur le rendement d'adsorption de BM.

La première phase consiste en une adsorption rapide au bout de 09 mn pour le charbon commercial, 12 mn pour les tiges de dattes, 20 mn pour la bentonite activée et 22 mn pour la bentonite brute. Cette phase correspond à un transfert de bleu de méthylène de la phase liquide à la surface du charbon actif.

Ce phénomène constaté pendant les premières minutes de l'adsorption, peut être interprété par le fait qu'initialement, les sites actifs disponibles à la surface du matériau adsorbant, est beaucoup plus important que celui des sites restant après un certain temps.

La deuxième phase est plus lente, correspond à l'établissement d'un équilibre entre les vitesses d'adsorption et de désorption autrement dit une saturation des sites d'adsorption.

IV-2 Vert brillant

IV-2-1 La courbe d'étalonnage

La courbe d'étalonnage est obtenue en faisant varier la concentration de vert brillant de 0.1 à mg/l.

Les mesures d'absorbance des solutions synthétique par spectrophotomètre sont effectuées à une longueur d'onde 490 nm par un parcours optique de 1 cm d'épaisseur.

Les résultats obtenus sont présentés dans la figure 25 :

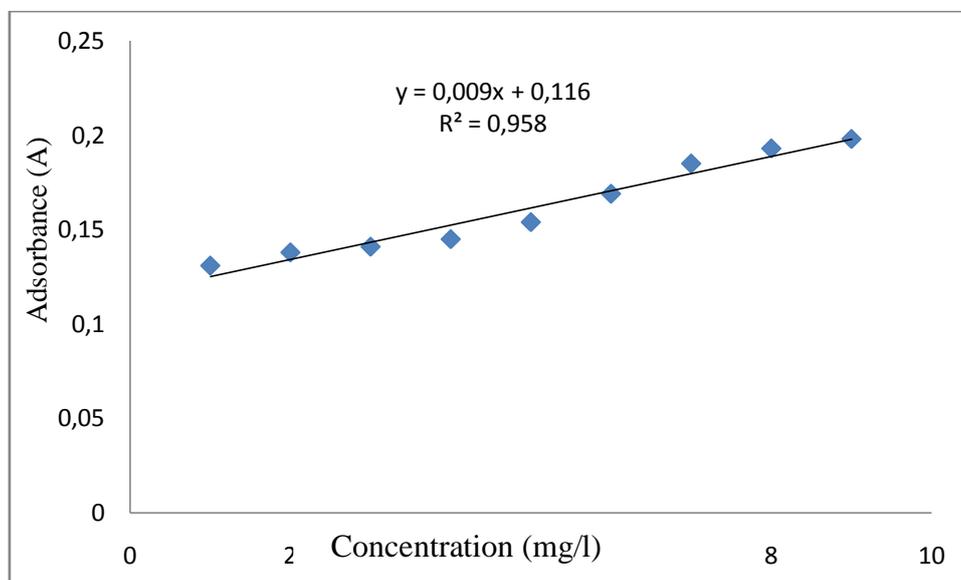


Figure N° 24 : courbe d'étalonnage de vert brillant

IV-2-2 Détermination des isothermes d'adsorption

L'étude de l'équilibre entre les quatre adsorbants (tige de datte et charbon commercial, bentonite brute et bentonite activée) et le VB en fonction de la concentration à l'équilibre dans les conditions suivantes, PH 7 et la température ambiante 26 °C.

La courbe donnée dans la figure N°26 indique que la quantité adsorbée augmente avec l'augmentation de la concentration à l'équilibre du VB, ce qui confirme l'influence de ce dernier

sur la quantité du VB adsorbée, on obtient donc une grande quantité adsorbée de 0,164 mg/g pour une concentration à l'équilibre de 0,803 mg/l sur le charbon élaboré (tige de datte), et la quantité du VB adsorbée qui est de 0,17 mg/g pour une concentration de 0.661 mg/l sur le charbon commercial ainsi qu'une quantité de 0,126 mg/g pour une concentration à l'équilibre qui est de 1,7 mg/l sur la bentonite brut et une quantité maximale du VB adsorbée qui est de 0.16 mg/g pour une concentration de 0.897 mg/l.

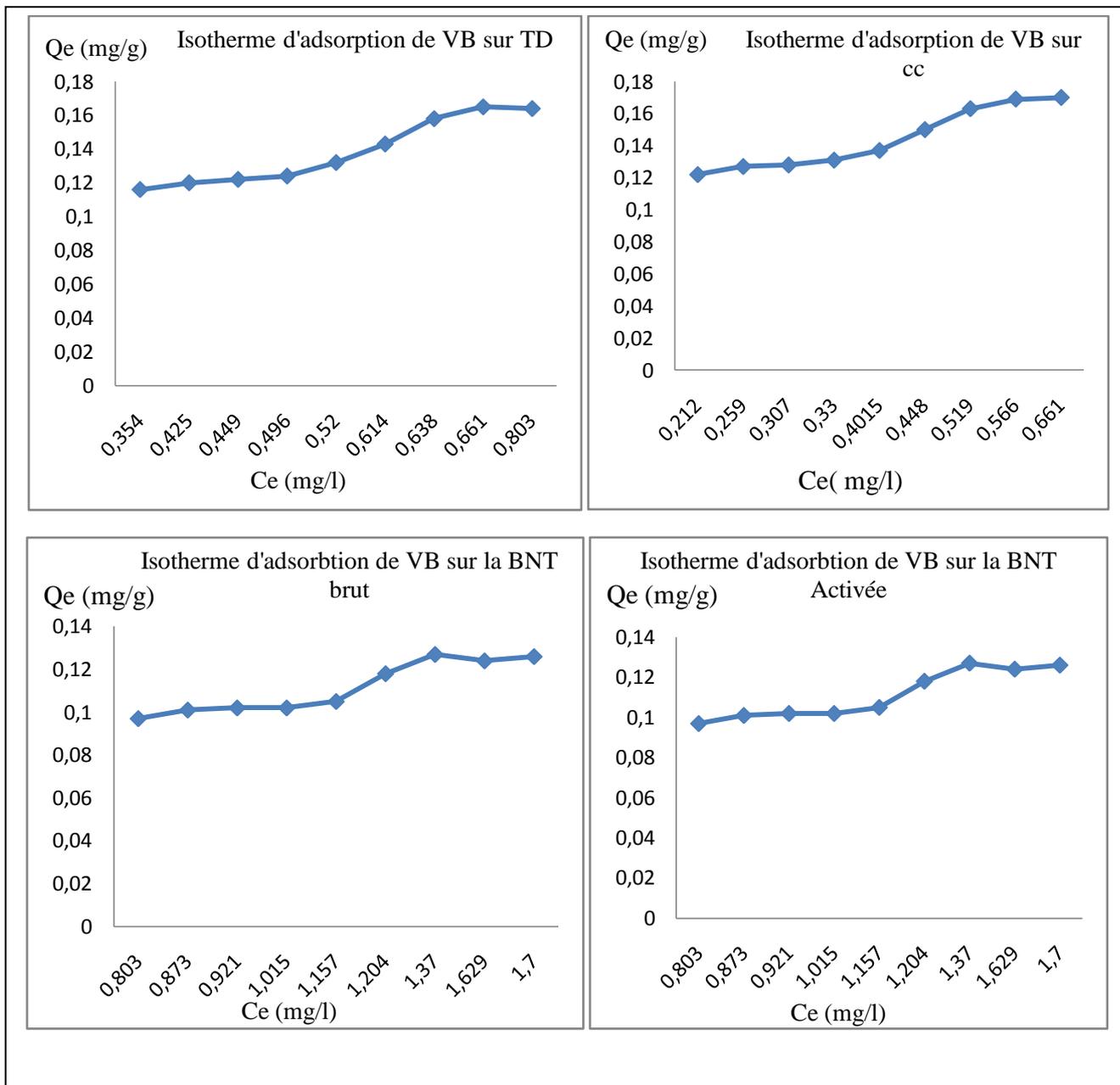


Figure N°25 : Isotherme d'adsorption du VB.

Les représentations graphiques des formes linéaires des modèles Langmuir, Freundlich et Temkin sont présentées dans les figures (27, 28,29).

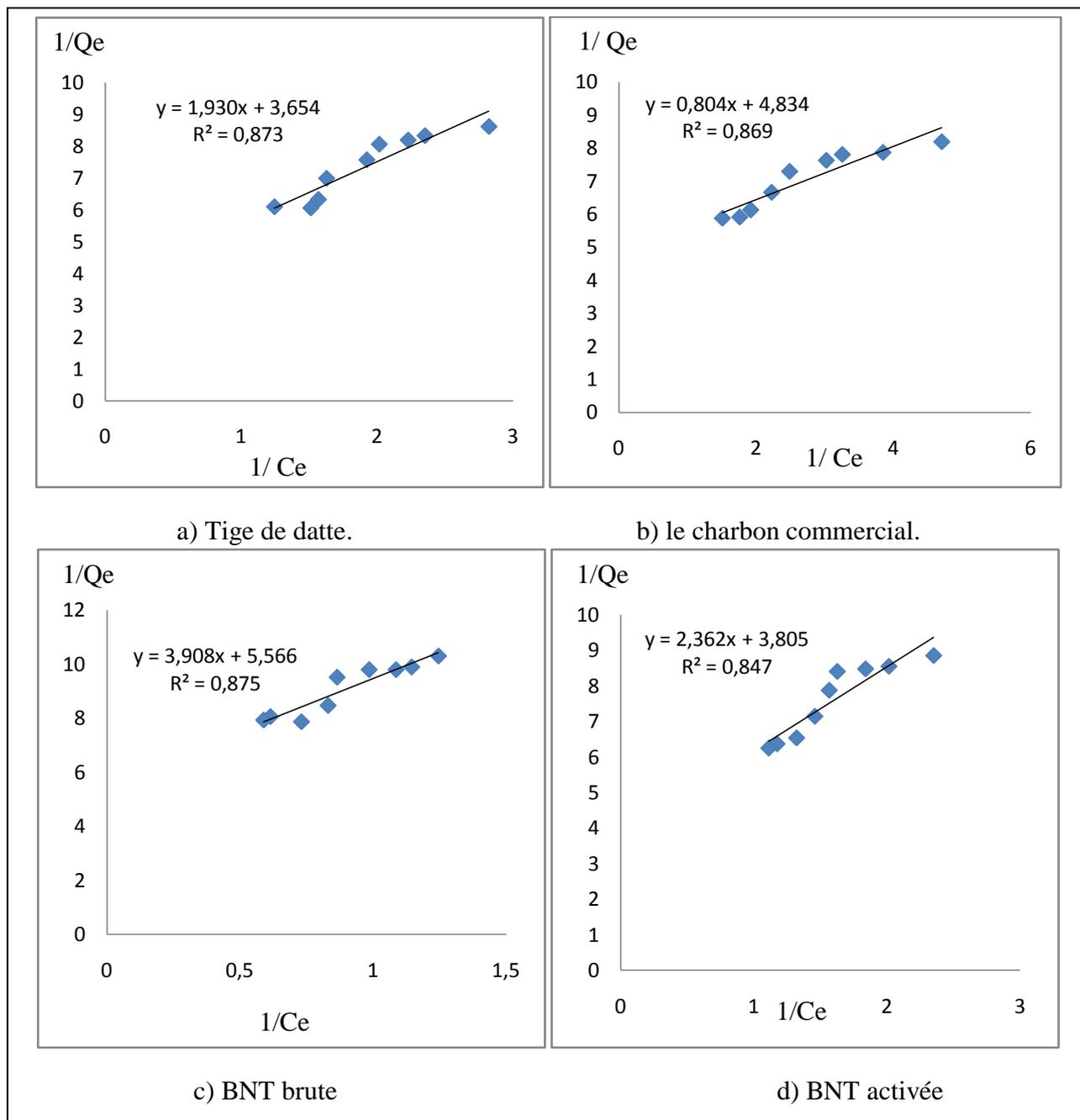


Figure N°26: Isothermes d'adsorption du vert brillant selon Langmuir.

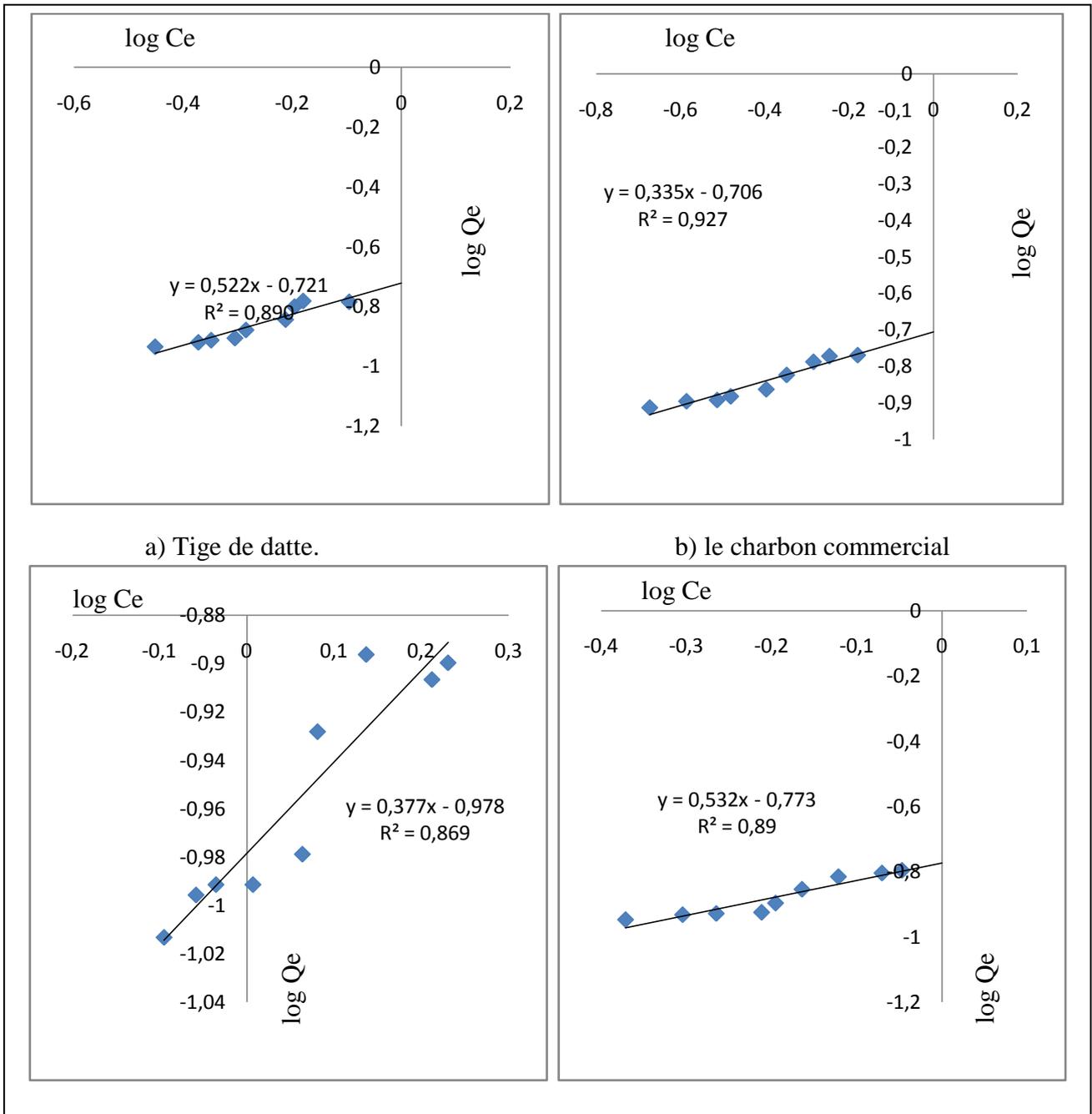


Figure N°27 : Isothermes D'adsorption de vert brillent s selon Freundlich.

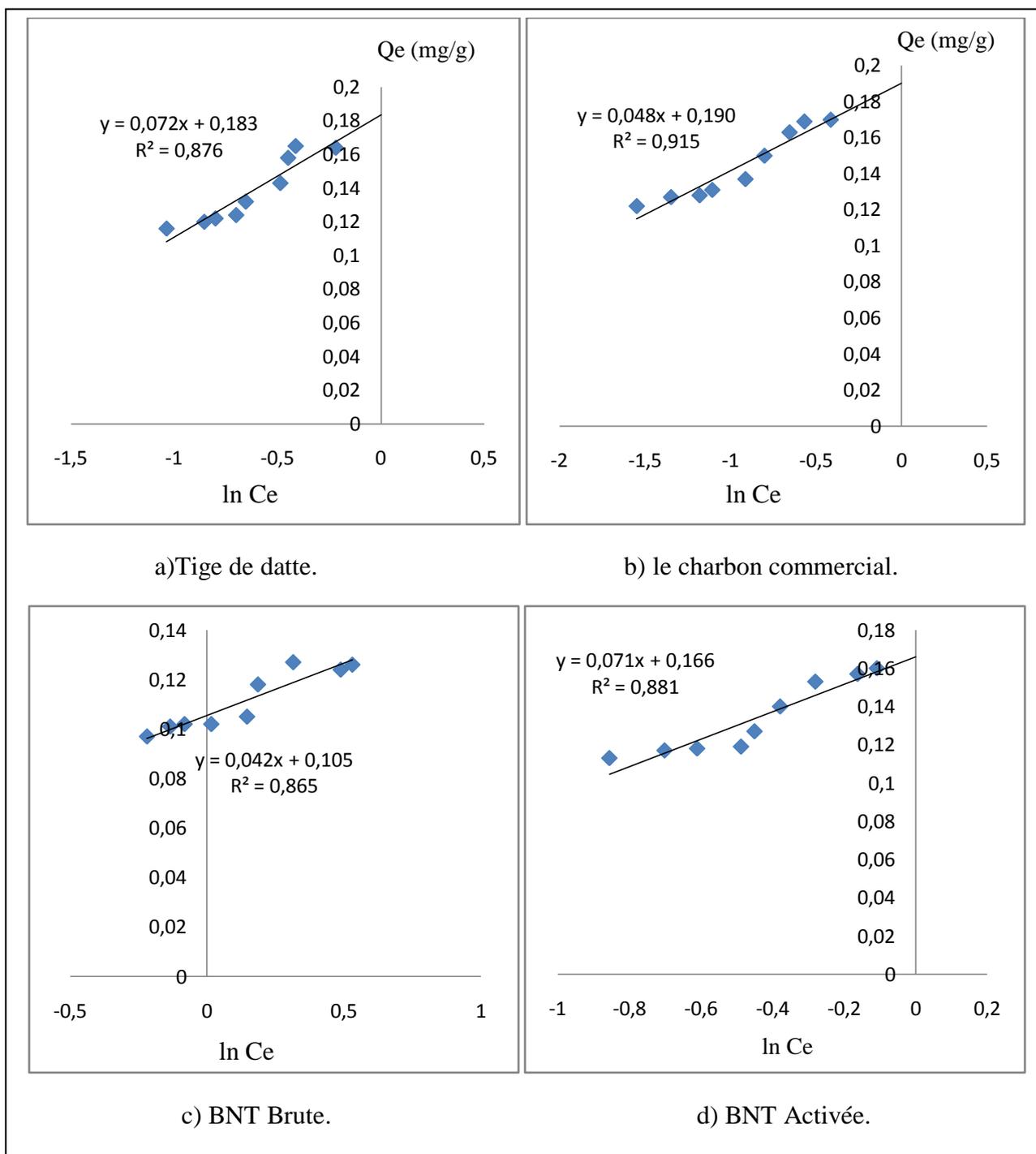


Figure N° 28 : Isotherme d’adsorption du VB Selon Temkin.

Les paramètres des courbes ainsi que les quantités maximales d’adsorption sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau N°09 : Paramètres des modèles d'adsorption du VB et coefficient de détermination

Les adsorbants Utilisés	Langmuir			Freundlich			Temkin		
	Q max	Ka	R ²	K _f	1/n	R ²	B	k _T	R ²
CM	0.092	0.804	0.869	2.025	0.335	0.927	0.190	52.35	0.915
TD	0.1802	1.930	0.873	2.056	0.552	0.890	0.183	12.67	0.876
BNT A	0.1847	2.362	0.847	2.166	0.523	0.89	0.166	10.36	0.881
BNT B	0.623	3.908	0.875	2.659	0.337	0.869	0.105	12.18	0.865

Le mode d'adsorption du vert brillant sur les différents adsorbants où on remarque les plus grands facteurs de corrélation (0,927 sur charbon commercial et 0.890 sur les tiges de dattes et 0.89 sur la Bentonite activée) semble correspondre à celui de Langmuir.

L'adsorption se fait monocouche et selon Freundlich pour la bentonite brute avec un coefficient de corrélation de 0,875 ce qui convient à l'adsorption en multicouche.

IV-2-3 Facteurs qui influencent sur la cinétique d'adsorption

IV-2-3-1 Influence de la concentration initiale sur le rendement d'adsorption

Les résultats des rendements d'adsorption du vert brillant avec les différents adsorbants sont donnés dans le tableau N°10 :

Tableau N° 10 : Evolution des rendements d'adsorption du VB sur quatre charbons actifs

C (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R(%) TD	64,568	78,741	85,040	87,599	89,606	89,764	90,889	91,732	91,076
R(%) CC	78,741	87,008	89,764	91,732	91,968	92,520	92,576	92,913	92,651
R(%) BNT A	57,482	75,198	81,890	84,646	87,244	88,583	89,201	89,370	90,026
R(%) BNT B	19,689	56,301	69,292	74,607	76,851	79,922	80,428	79,627	81,103

D'après les résultats obtenus, on remarque que les rendements d'adsorption du vert brillant sur le charbon commercial sont beaucoup plus élevés.

On obtient :

- Pour une concentration Initiale de 8 mg/l :

- un maximum de rétention (92,913 %) pour CM.
 - un rendement de (91,73 %) sur les TD,
- Pour une concentration initiale de 9 mg/l :
- un maximum de rétention (90,02 %) pour la bentonite activée
 - un maximum de rétention de (81,10 %) pour la bentonite brute.

La variation de la concentration initiale du BM influe sur les rendements d'élimination qui sont excellents à la concentration (8 mg/l) sur le charbon commercial et à la concentration 9 mg/l sur la bentonite activée et cette différence est due probablement à la différence de surface spécifique et l'affinité des surface vis -a- vis du BM.

IV-4-3-2 Influence de temps d'agitation

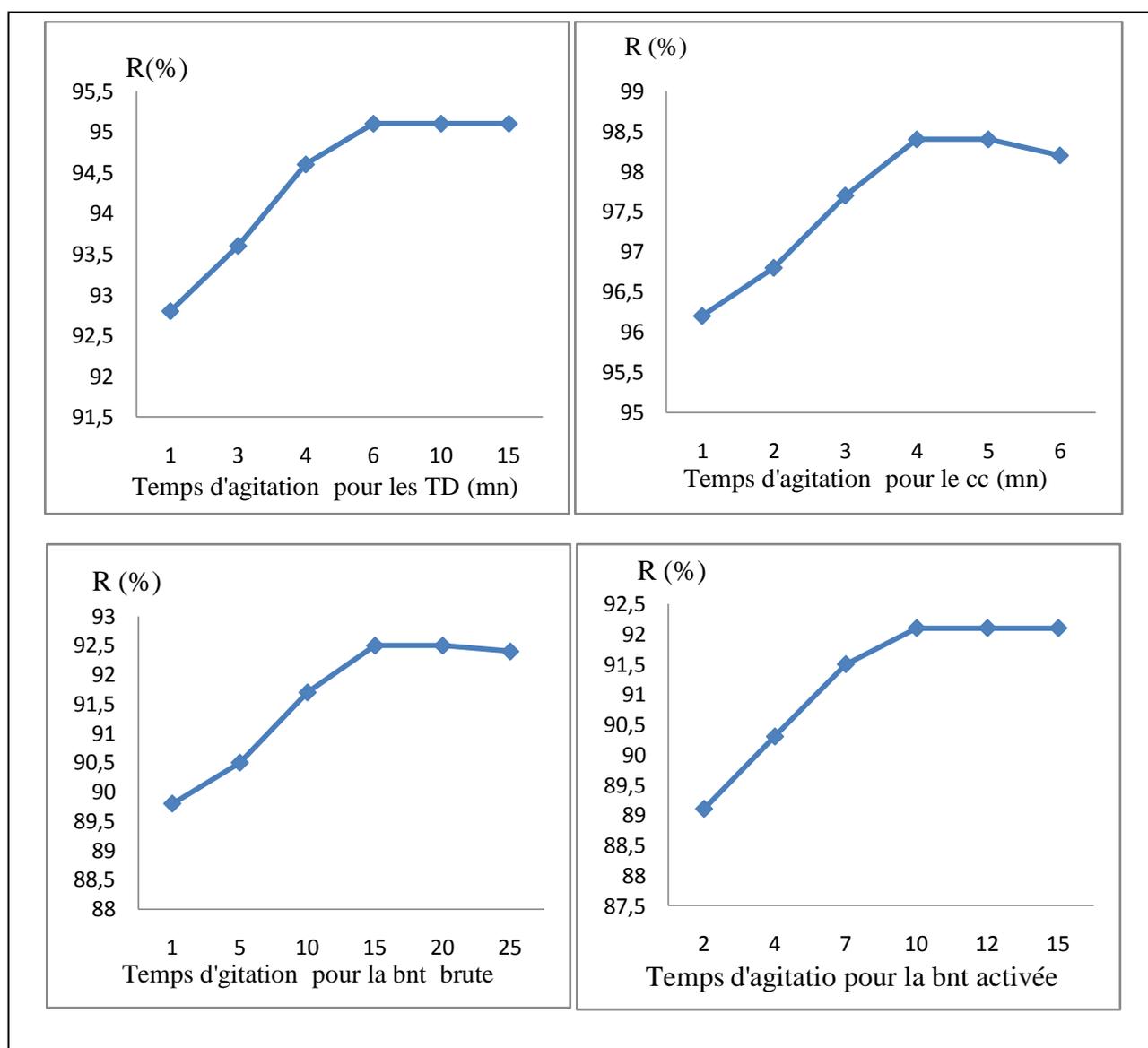
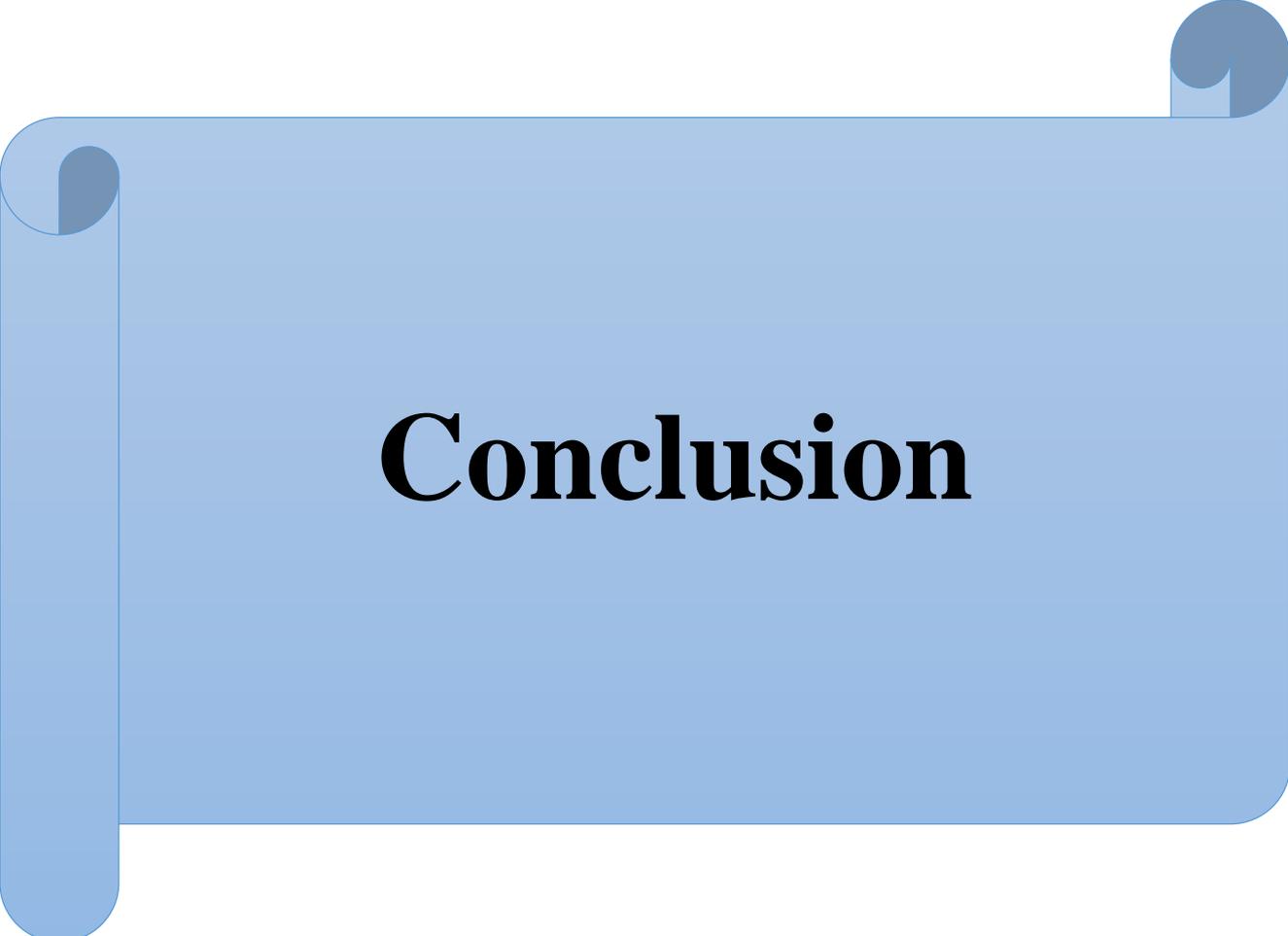


Figure N° 29 : Influence de temps d'agitation sur le rendement d'adsorption du VB.

Les résultats obtenus dans la figure N° 30 montrent l'existence de deux phase ; l'une est rapide la seconde est lente. Ceci est relatif à la grande disponibilité des sites actifs libres du support au début de l'expérience et qui deviennent faibles au fur et à mesure qu'on avance dans le temps, autrement dit une saturation des sites d'adsorption.

A blue scroll graphic with a white border, featuring a vertical strip on the left and a horizontal strip on the right, both with rounded ends. The word "Conclusion" is written in a bold, black, serif font in the center of the horizontal strip.

Conclusion

Conclusion

L'objectif de notre étude était d'étudier les possibilités d'utiliser les propriétés spécifiques d'adsorption de la bentonite et les tiges de dattes vis-à-vis de deux colorants organiques (Bleu de méthylène et Vert brillant).

Nos essais ont porté sur des solutions synthétiques organiques, ils ont eu pour objectif d'établir les lois d'équilibre de l'adsorption par le tracé des isothermes et les cinétiques de la réaction d'adsorption de ces composés organiques sur la bentonite (brute et activée) et les tiges de datte.

Les résultats obtenus ont montré que les possibilités de rétention de ces composés préparés sont des excellents adsorbants pour les deux colorants (le bleu de méthylène et le vert brillant), ils sont comparables aux résultats de rétention sur le charbon commercial. L'équilibre d'adsorption est atteint entre 12 et 22 minutes pour le bleu de méthylène et 4 et 20 minutes pour le vert brillant. La cinétique d'adsorption dépend de certains paramètres tels que le temps d'agitation et la concentration initiale en polluant. Le rendement d'adsorption pour le bleu de méthylène est de 90,66 % sur les tiges de datte et 94,26 % sur la bentonite brute et 92,87 % sur la bentonite activée : Pour le vert brillant les rendements d'adsorption et de 68 % sur les tiges de datte, 85,44% pour la bentonite brute et 82.62 % pour la bentonite activée.

Toutes ces observations montrent la possibilité d'utiliser la bentonite et les tiges de datte comme adsorbant, ce qui ouvre la voie à des investigations futures pour la valorisation de ce matériau ou autres en les exploitant dans la purification des effluents industriels ou dans le domaine d'épuration des eaux usées par le procédé d'adsorption.

- [1] Gaujous D, 2008. la pollution des eaux aquatiques, 2^{em} addition.(43)
- [2] Brossard I, 1997. Technologie des textiles éditions Dunod, Paris.(20)
- [3] Capon M, Caorilleu V, Valette C, 1999. Chimie des couleurs et des odeurs, Nantes, culture et technique.(21)
- [4] Perrin R. Schaief J P, 1999. Chimie industrielle tome 2 Édition Masson Paris.(64)
- [5] Colin A, 1970. Chimie organique, tome 2 éditions Paris.(29)
- [6] Hedyatullah M, les colorants synthétiques 1^{er} Edition.(46)
- [7] Bartra N, 2008. L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate naturel et par dégradation photo catalytique sur TiO₂ supporté.(11)
- [8] Tragoneg U K, suichan M T, 1989. wates res, 23,257273.(75)
- [9] Dare M , 1989 . Chimie des oxydants et traitement des eaux, Edition Paris.(31)
- [10] Le monnier M L , Viguier M, 1978. Les textiles et leur entretien Edition Jaques Lanore.(52)
- [11] Chowdhury A K, Sarrkar A D, bondyopadhay A, 2009. Rice husk ash.(28)
- [12] Bauafia S, 2010. Degradation des colorants textiles par procédés d'oxydation avancée basée sur la réaction de fenton, application a la dépollution des rejets industriels, Thèse Université PARIS – EST,P 75-101.(12)
- [13] Benaissa A,2012.Mémoire de Magister. Etude de la faisabilité d'élimination de certaines colorants textiles par certains matériaux déchets d'origine naturelle.(14)
- [14] Cenencs J, Schoonheydt R A, 1988. Visible spectroscopy of methylene blue on hectorite, lapanitb, and barasym in aqueous suspension. Clays and clay Minerals 36, 214-224.(23)
- [15] Rager T, Geoffary A, Hilfikera R, John M,Stareyb D, 2012. The crystalline state of methylene blue a zoo of hudraties. Phys. chen. Phys. 14,8074-808200.
- [16] Aarfane A, Salhi A, El krati M, Tahiri S, Mankade M, K.Lhadi E, Benstel M, 2014. Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des colorants Red195 et bleu de méthylène en milieu aqueux sur les cendres volantes et les mâchefers, JSSN ; 2028-2508.(1)

- [17] Derafa G , 2014. Mémoire de Magister. Synthèse et caractérisations de montmorillonite modifier : Application a l'adsorption des colorants cationiques.(32)
- [18] Barclay. S Buckley. C, waste minimization guide for the textile industry. Barriat P, Danel V, 1999. Introduction aigues en réanimation. Groupe liaison 2^{ème} Edition(10)
- [19] Kurbus T, Slokar D M, Le marchal A M, 2002. dyes pigments P 67-78.(51)
- [20] Taylor et jacob, 1996.(72)
- [21] Thèse de doctorat étude d'un procédé hybride couplant adsorption sur Zéolithes et Oxydation par l'ozone, application au traitement d'effluent aqueux industriels.(73)
- [22] Arris S, 2008. Etude expérimentale de l'élimination des polluants organiques et inorganiques par adsorption sur des sous produits de céréales.(7)
- [23] Vende vivere P C, Bianchi R, Vertraet W, Chen J. Technol. Biotechnol. 72 1992, 289-302.(76)
- [24] Oubagha N, 2011. Décontamination des eaux contenant les colorants textiles et les adjuvants par des matériaux naturels et synthétiques, thèse de doctorat université mouloud Mammeri Tizi Ouzou P22-23.(63)
- [25] Drapeau A J, Jankovic S, 1977. Manuel de microbiologie de l'environnement, organisation mondiale de la santé Genève.(36)
- [26] Verceslau M C, Somon J , 1994 . environ. Technoe. 16, 917-929.(77)
- [27] Aksas H, 2013. Thèse de Doctorat. Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels.(4)
- [28] Edelmann G et Favejee J C L, 1940. On the Crystal structure of montmorillonite and hallosite, Ed, Kriste, 102,417.(38)
- [29] Virabghavan T, Kapoor A ,2008 . Adsorption of from wastewater by Bentonite. Applied clay science, 9,31-39.(79)
- [30] Mimanne G, Benhabib k, Benghalem A, 2014. Taleb S., Etude de l'adsorption de métaux Lourds (Pb et Cd) en solution aqueuse sur Charbon Actif et Montmorillonite Sodée de l'Ouest Algérien, Environ, Sci.(58)
- [31] Koller E, 2001. Aide –mémoire Génie chimique. DUNOD.(50)

- [32] Hatem R ,2007.Elimination de la pollution organique par adsorption sur charbon actif magnétisé.(7 III) (45)
- [33] Baup S, 2000.Thèse de Doctorat. Elimination de pesticides sur lit de charbon actif en grain en présence de matière organique naturelle : Elaboration d'un protocole couplant expériences et calculs numériques afin de stimuler les équilibres et les cinétiques compétitifs d'adsorption.(13)
- [34] Gaid K, 1981. Thèse de Doctorat. Mode d'élimination de polluants sur filtres, Science physiques, University of Rennes ; France, p.200-344.(42)
- [35] Sun L M, Meunier , 2007. Adsorption :aspects htéoriques, techniques de l'ingénieur, J2 730.(71)
- [36] Humphery J L, Keller G E II, 1997.procédé de séparation. DUNOD, 2001 pour la traduction française.(48)
- [37] Manole Creanga C , 2007. Thèse de Doctorat. Procédé AD-OX d'elimination de pollution organiques non biodegradables (par adsorption puis Oxydation catalytique).(55)
- [38] Cherraye R, 2012. Préparation par voie chimique d'un charbon actif a partir des déchets de café (Effet de taux d'ajuvant). Mémoire de académique.Université Kasdi Merabah Ouragla.(26)
- [39] Tiffon G ,1970.Le charbon, Edition PRESSES université de France.108, Boulevard Saint-Germain, Paris : 124. (74)
- [40] Fernandez Ibanez E, 2002.Thèse de Doctorat. Etude de la carbonisation et l'activation de précurseurs végétaux durs et mou.(40)
- [41] Desjardins R , 1990.le traitement des eaux, deuxieme édition revue et enrichie Montréal.(35)
- [42] Mouhamad L, 2008.Adsorption de métaux lourd dans des eaux usée pare des charbons actifs prépare a partir de biomasse locales. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'équipement rurale. Institue internationale d'ingénierie de l'eau et de l'environnement.(60)
- [43] Bamba D, Donogui B, Trokourey A, Elogne Zoro G, Athéba G P, Didier R, Wéber J V, 2009.Etude compares des méthodes de préparation du charbon actif, suivies d'un test de dépollution d'une eau contaminée au diuron.J. Soc.Ouest-afr. Chim.028.(9)

- [44] Cardo C ,1999. Les traitements de l'eau : procédés physico-chimiques, cours et problèmes résolus. Elipses. Paris.(22)
- [45] Zeroual S, Hazouri S, Guerfi K, 2007.Caractérisation de charbon actif fabrique a base de noyaux de dattes, Sngid-07, enset-oran.(81)
- [46] Villa p, 2003. La culture de l'olivier. Edition De Vecchi S.A.Paris.(78)
- [47] Yahiaoui N, 2012.Mémoire de Magister. Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olives sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif.(80)
- [48] Lemarchand D ,1981.Thèse de Doctorat. Contribution a l'étude des possibilités de rétention de matières organiques en solution dans l'eau potable sur charbon actif, Université de Renne, France.(53)
- [49] Boulkrah H, 2008. Mémoire de Magister. Etude comparatives de l'adsorption des ions plomb sur différents adsorbants.(19)
- [50] Ferrando O, Boubane H, 2001.Influence des alcools aliphatiques sur l'adsorption d'acides aminés sur charbon actif. Laboratoire des sciences de l'eau et de l'environnement, France, C.R.Acad. Sci, Chimie/Chemistry.4, 879-883.(41)
- [51] Riaz Q, Abdul Hameed R, 2002 .A study of adsorption of phenol by activated carbon from aqueous solution. Turk J Chem.26, pp, 357-361.(67)
- [52] Seddi A ,1988.Contribution a l'étude de la composition chimique et la digestibilité , in , de la MS(Camelina et Ovin) des sous produits de palmier dattier, Mémo.Ing.Ouarzazate.
- [53] Creanga C M, 2007. Thèse de Doctorat, Procédé AB-OX d'élimination de polluants organiques non biodégradables (par adsorption puis oxydation catalytique), Ecole doctorale : transferts, dynamique des fluides, énergétique et procédés.(30)
- [54] Hiemenz P C, in: principales of colloid and surface chemistry, ED, Marcel Dekker, New YORK, 1986.353-419.(47)
- [55] Koller E ,2005.Aide-mémoire Génie chimique, 2 ème Edition DUNOD. (49)

- [56] Nait Merzoug N, 2014. Application des tiges de dates dans l'adsorption de pollution Organique. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister, Université Mohamed Cherif Massadia Souk-Ahras. Algérie.(62)
- [57] Bouchemal F , Achour S , 2007.Essai d'adsorption de la tyrosine sur charbon actif en grains et en poudre. Lartyss journal. ISSN 1112-3680, n° 06.pp.81-89.(16)
- [58] Edeline F, 1992. L'épuration physico-chimique des eaux : théorie et technologie, Edition Cebedoc, Lavoisier.(37)
- [59] Mimanne G, Benhabib k, Benghalem A, 2014.Taleb S., Etude de l'adsorption de métaux Lourds (Pb et Cd) en solution aqueuse sur Charbon Actif et Montmorillonite Sodée de l'Ouest Algérien, Environ, Sci.(58)
- [60] Zue Mve M,2012. Mémoire de Magister. Elimination des ions Mn (II) des solutions aqueuses par adsorption sur des charbons actifs préparés à partir des coques de noix de noisette.(82)
- [61] Bouchemal F , Achour S , 2007.Essai d'adsorption de la tyrosine sur charbon actif en grains et en poudre. Lartyss journal. ISSN 1112-3680, n° 06.pp.81-89.(16)
- [62] Deriber M, Esme A, 1943. La bentonite, Dunod, Edition 2.(34)
- [63] Deriber M, Esme A, 1941.La bentonite / Les argiles colloïdales et leurs emplois. Ed ,Dunod.(33)
- [64] Chauvel A, Monnier G,1988. Sur la signification générale de l'analyse granulométrique en pédologie ; examen des problèmes posés par la caractérisation de la structure de certains sols tropicaux, C,R, Acad., Sci, 264,serie D.(24)
- [65] Edelman G et Favejee J C L, 1940.On the Cristal structure of montmorillonite and hallosite, Ed, Kriste, 102,417.(38)
- [66] Amirouche L, 2011. Etude du pouvoir de sorption du cuivre II , Zinc (II) et des polyphénols par les bentonites sous l'efet irradiation micr- ondes.(6)
- [67]Bendjama A ,1983. Thèse de magister, Etude des bentonites algériennes, ENP, Alger.(15)

- [68] Abdelouahab C, Ait Amar H, Obertenov T Z et Gaid A, 1988. Physicochemical and structural characteristics of some bentonitic clay for north- western Algeria, Analysis, 16,292,299.(3)
- [69] Bougdah N, 2007. Mémoire de magister, Etude de l'adsorption des micropolluants organiques sur la bentonite.(18)
- [70] Millot G.1964 , Géologie des argiles, Edition Masson, Paris.(57)
- [71] Nagendrappa G, 2002. Organique using clay catalysts clays for green chemistry, Resonance January.(61)
- [72] Alain M, 2002. Argiles, Edition scientifique GB.(5)
- [73] Giffard P L ,1967. Le palmier Ronier Borassus Aethiopum Mart, Revus Bois et Forés des Tropiques, N°116.(44)
- [74] Chehma A , 2001. Valorisation des Sous- Produits du Palmier Dattier en Vue de leur Utilisation en Alimentation du Bétail , Production et Valorisation –Biomasse , 59-64(14 II).(25)
- [75] Sedra M H,2003.Le Palmier Dattier base de la mise en Valeur des oasis au Maroc ,INRA-Editions, BP. 6512 Rabat-Instituts Maroc .(69)
- [76] Abdelaziz S , Bouaziz A , Hamzaoui R ,Bennabi A,2013. Valorisation des tige de dattier dans la formulation des mortiers : propriétés physiques et mécaniques, Institut de Recherche en Constructibilité, IRC-ESTP ,28 avenue du Président Wilson, 94230 Cachan.(2)
- [77] Reguant J , Rinaudo M , 1999.Etude bibliographique sur les matériaux issus de la biomasse végétale, CERMAV-CNRS, BP 53,38041 Grenoble Cedex 9.(66)
- [78] Fernandez Ibanez E, 2001.Thèse de Doctorat, Etude de la carbonisation et l'activation de précurseurs végétaux dur et mous.(39)

Annexe

Annexe 01

Tableau N° 01 : étalonnage pour le bleu de méthylène.

Concentration (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Absorbance A	0,238	0,512	0,508	0,813	0,970	1.203	1,280	1.533	1,980

Tableau N° 02 : Variation du rendement en fonction du temps de contacte du BM sur le charbon Commerciale.

Temps de contacte	5	7	9	10	15
Rendement d'adsorption	88,67126	92,82513	96,25871	96,25871	96,25871

Tableau N° 03 : Variation du rendement en fonction du temps de contacte du BM sur les tiges de datte.

Temps de contacte	5	8	12	15	20
Rendement d'adsorption	81,11877	85,31460	86,95097	86,573351	86,573351

Tableau N° 04 : Variation du rendement en fonction du temps de contacte du BM sur la bentonite brute

Temps de contacte	10	15	20	22	25	30
Rendement d'adsorption	97.3333	97,444	97,7333	98,5333	98,4666	98,4666

Tableau N° 05 : Variation du rendement en fonction du temps de contacte du BM sur la bentonite activée.

Temps de contacte	20	15	20	25	30
Rendement d'adsorption	97,6666	98,73333	98,66666	98,466666	98,4

Annexe

Tableau N° 06 : Résultat de l'adsorption du bleu de méthylène sur charbon commercial.

C_0 (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Absorbance (A)	0,238	0,512	0,508	0,813	0,033	0,970	1,280	1,533	1,9806
C_e (mg/l)	0,0516	0,1025	0,1367	0,225	0,225	0,289	0,334	0,334	0,403
Q_e	0,948	1,897	2,8632	3,799	4,774	5,710	6,665	7,639	8,596
$1/C_e$	19,36	9,752	7,3144	4,987	4,432	2,985	2,777	2,777	2,479
$1/Q_e$	1,0544	0,527	0,3492	0,263	0,209	0,175	0,150	0,130	0,116
Log C_e	1,286	0,989	0,864	0,697	0,646	0,538	0,475	0,443	0,394
Log Q_e	0,023	0,278	0,456	0,579	0,678	0,756	0,823	0,883	0,943
Ln C_e	2,963	2,277	1,989	1,606	1,489	1,240	1,093	1,021	0,908

Tableau N°07 : Résultat de l'adsorption du bleu de méthylène sur tige de datte

C_0 (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Absorbance (A)	0,163	0,516	0,5086	0,0823	0,082	0,970	1,280	1,533	1,980
C_e (mg/l)	0,160	0,227	0,362	0,399	0,431	0,443	0,473	0,489	0,513
Q_e	0,836	1,772	2,6370	3,6004	4,568	5,556	6,526	7,510	8,486
$1/C_e$	6,132	4,404	2,755	2,503	2,317	2,252	2,111	2,043	1,946
$1/Q_e$	1,194	0,564	0,379	0,277	0,218	0,179	0,153	0,133	0,117
Log C_e	0,787	0,643	0,4401	0,3984	0,365	0,352	0,324	0,310	0,289
Log Q_e	0,077	0,248	0,4211	0,556	0,659	0,744	0,814	0,875	0,928
Ln C_e	1,813	1,481	1,013	0,917	0,840	0,812	0,747	0,714	0,665

Annexe

Tableau N° 08 : Résultat de l'adsorption du bleu de méthylène sur la BNT brute.

C_0 (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Absorbance (A)	0,2383	0,512	0,5086	0,8131	0,0823	0,970	1,2806	1,5333	1,9806
C_e (mg/l)	0,100	0,142	0,5086	0,2217	0,227	0,315	0,332	1,533	0,405
Q_e	0,899	1,857	2,8420	3,7782	4,772	5,684	6,667	7,632	8,594
$1/C_e$	9,974	7,003	6,3298	4,5089	4,388	3,164	3,005	2,720	2,465
$1/Q_e$	1,111	0,538	0,3518	0,2646	0,209	0,175	0,149	0,131	0,116
Log C_e	0,998	0,845	0,801	0,654	0,642	0,500	0,477	0,434	0,391
Log Q_e	0,045	0,268	0,2688	0,4536	0,577	0,754	0,823	0,882	0,934
Ln C_e	2,300	1,946	1,8452	1,5060	1,479	1,152	1,100	1,000	0,902

Tableau N° 18 : Résultat de l'adsorption du bleu de méthylène sur la BNT Activée.

C_0 (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Absorbance (A)	0,238	0,5126	0,50866	0,8131	0,0823	0,9703	1,2086	1,5333	1,9806
C_e (mg/l)	0,092	0,238	0,2734	0,2962	0,325	0,335	0,361	0,366	0,410
Q_e	0,907	1,761	2,7265	3,7037	4,674	5,664	6,638	7,633	8,589
$1/C_e$	10,79	4,192	3,6572	3,3758	3,076	2,978	2,765	2,731	2,438
$1/Q_e$	1,102	0,538	0,3518	0,2646	0,209	0,175	0,149	0,131	0,116
Log C_e	1,033	0,622	0,5631	0,5283	0,528	0,474	0,441	0,436	0,387
Log Q_e	0,042	0,245	0,4356	0,5686	0,669	0,753	0,822	0,882	0,933
Ln C_e	2,378	1,433	1,2967	1,2166	1,123	1,091	1,017	1,004	0,891

Annexe

Annexe 02

Tableau N° 10 : la courbe d'étalonnage de vert brillant.

Concentration (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Absorbance A	0.131	0.138	0.141	0.145	0.154	0.169	0.185	0.193	0.198

Tableau N° 11 : Variation du rendement en fonction du temps de contacte du VB sur le charbon Commerciale.

Temps d'agitation (mn)	1	2	3	4	5	6
Rendement (%)	96.2	96.8	97.7	98.4	98.4	98.2

Tableau N° 12 : Variation du rendement en fonction du temps de contacte du vb sur les tiges de datte.

Temps d'agitation (mn)	1	3	4	6	10	15
Rendement (%)	92.8	93.6	94.6	95.1	95.1	95.1

Tableau N° 13 : Variation du rendement en fonction du temps de contacte du VB sur la bentonite brute.

Temps d'agitation (mn)	2	4	7	10	12	15
Rendement (%)	89.1	90.3	91.5	92.1	92.1	92.1

Tableau N° 14 : la variation de la quantité adsorbé en fonction de temps par l'adsorption de Vert brillant sur la bentonite activée.

Temps d'agitation (mn)	1	5	10	15	20	25
Rendement (%)	89.8	90.5	91.7	92.5	92.5	92.4

Annexe

Tableau N° 15 : Résultats d'adsorption du Vert brillant sur le charbon commercial.

C_0 (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Absorbance	0.031	0.138	0.141	0.145	0.154	0.169	0.185	0.193	0.198
C_1 (mg/l)	0.009	0.011	0.013	0.014	0.017	0.019	0.022	0.024	0.028
Ce	0.2125	0.2598	0.3070	0.3306	0.4015	0.4487	0.5196	0.5668	0.6613
Qe	0.122	0.127	0.128	0.131	0.137	0.15	0.163	0.169	0.17
1/Ce	4.7039	3.8486	3.2565	3.0239	2.4903	2.2281	1.9243	1.7639	1.5119
1/Qe	8.1967	7.8740	7.8125	7.6335	7.2992	6.6666	6.1349	5.9171	5.8823
Log Ce	-0.672	-0.585	-0.512	-0.480	-0.396	-0.347	-0.284	-0.246	-0.179
Log Qe	-0.913	-0.896	-0.892	-0.882	-0.863	-0.823	-0.787	-0.772	-0.769
Ln Ce	-1.548	-1.347	-1.180	-1.106	-0.912	-0.801	-0.654	-0.567	-0.413

Tableau N°16 : Résultats d'adsorption du Vert brillant sur le charbon issue de Tige de datte.

C_0 (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Absorbance	0.031	0.138	0.141	0.145	0.154	0.169	0.185	0.193	0.198
C_1 (mg/l)	0.009	0.011	0.013	0.014	0.017	0.019	0.022	0.024	0.028
La masse (g)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Ce	0.354	0.425	0.4487	0.4960	0.5196	0.6141	0.6377	0.6613	0.8031
Qe	0.116	0.12	0.122	0.124	0.132	0.143	0.158	0.165	0.164
1/Ce	2.822	2.351	2.2281	2.0159	1.9243	1.6282	1.5679	1.5119	1.2451
1/Qe	8.620	8.333	8.1967	8.0645	7.5757	6.9930	6.3291	6.0606	6.0975
Log Ce	-0.450	-0.37	-0.347	-0.304	-0.284	-0.211	-0.195	-0.179	-0.095
Log Qe	-0.935	-0.92	-0.913	-0.906	-0.879	-0.844	-0.801	-0.782	-0.785
Ln Ce	-1.037	-0.85	-0.801	-0.701	-0.654	-0.487	-0.449	-0.413	-0.219

Annexe

Tableau N° 17 : Résultats d'adsorption du Vert brillant sur la bentonite activée.

C_0 (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Absorbance (A)	0.031	0.138	0.141	0.145	0.154	0.169	0.185	0.193	0.198
C_1 (mg/l)	0.009	0.011	0.013	0.014	0.017	0.019	0.022	0.024	0.028
Ce	0.4251	0.4960	0.5432	0.6141	0.6377	0.6850	0.7558	0.8503	0.8975
Qe	0.113	0.117	0.118	0.119	0.127	0.14	0.153	0.157	0.16
1/Ce	2.3519	2.0159	1.8406	1.6282	1.5679	1.4598	1.3229	1.1759	1.1140
1/Qe	8.8495	8.5470	8.4745	8.4033	7.8740	7.1428	6.5359	6.3694	6.25
Log Ce	-0.371	-0.304	-0.264	-0.211	-0.195	-0.164	-0.121	-0.070	-0.046
Log Qe	-0.946	-0.931	-0.928	-0.924	-0.896	-0.853	-0.815	-0.804	-0.795
Ln Ce	-0.855	-0.701	-0.610	-0.487	-0.449	-0.378	-0.279	-0.162	-0.108

Tableau N° 18 : Résultats d'adsorption du Vert brillant sur la bentonite brute.

C_0 (mg/l)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Absorbance (A)	0.031	0.138	0.141	0.145	0.154	0.169	0.185	0.193	0.198
C_1 (mg/l)	0.009	0.011	0.013	0.014	0.017	0.019	0.022	0.024	0.028
Ce	0.803	0.873	0.921	1.015	1.157	1.204	1.370	1.6298	1.7006
Qe	0.097	0.101	0.102	0.102	0.105	0.118	0.127	0.124	0.126
1/Ce	1.245	1.144	1.085	0.984	0.863	0.830	0.729	0.6135	0.0587
1/Qe	10.30	9.900	9.803	9.803	9.523	8.474	7.874	8.0645	7.9365
Log Ce	-0.095	-0.058	-0.035	-0.006	-0.063	-0.080	-0.136	-0.212	-0.230
Log Qe	-1.013	-0.995	-0.991	-0.991	-0.978	-0.928	-0.896	-0.906	-0.899
Ln Ce	-0.219	-0.134	-0.082	-0.015	-0.146	-0.186	-0.314	-0.488	-0.531

Résumé

Dans ce travail, nous étudions l'élimination de deux colorants organiques (Bleu de méthylène BM et Vert Brillant) par adsorption sur les tiges de datte et la bentonite, les deux adsorbants ont été préalablement préparé. Une série d'expériences a été ensuite réalisée afin d'étudier l'influence sur la capacité d'adsorption de certains paramètres tels que la masse de l'adsorbant, le temps de contact, la concentration initiale des colorants. La cinétique d'adsorption des deux colorants sur les deux matériaux a été étudiée sur les modèles de Langmuire, Freundlich et Timkin. Les isothermes d'adsorption des systèmes adsorbant/adsorbant sont décrites de manière satisfaisante par le modèle de Freundlich et Langmuir.

Mote clé : l'adsorption, les colorants, les Tiges de datte, la bentonite.

Abstract

In this work, we study the removal of two organic dyes (Methylene Blue BM and Brilliant Green) by adsorption on date stems and bentonite, the two adsorbents have been prepared beforehand. A series of experiments was then carried out in order to study the influence on the adsorption capacity of certain parameters such as the mass of the adsorbent, the contact time and the initial concentration of the dyes. Adsorption kinetics Of the two dyes on the two materials was studied on the models of Langmuire, Freundlich and Timkin. The adsorption isotherms of the adsorbent / adsorbate systems are satisfactorily described by the Freundlich and Langmuir model.

Key Wote : adsorption, them dyes, date Stems, the bentonite.