



**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITÉ MOHAMED EL-BACHIR EL-IBRAHIMI

BORDJ BOU-ARRERIDJ

FACULTE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE LA MATIÈRE



MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

Réalisé en vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Filière : Chimie

Spécialité : Chimie analytique

Thème

**Etude comparative de l'adsorption de Bleu
de Bromothymol sur le charbon actif
granulé et le charbon actif issu de noyaux de
dattes**

Présenté par :

SAOUD Imane

HABACHE Fairouz

Encadré par :

M^{ème} BOUNAB F

M^{ème} BENHAMOUDA B

Soutenu publiquement le 01 / 07 / 2018 devant le jury composé de :

Président	AYACHE Riad	MCCB	UBBA
Examineur	HALLATI Abdelhak	MCCB	UBBA
Rapporteur	BOUNAB Farida	MACB	UBBA
Co-Rapporteur	BENHAMOUDA Berkahoum	Master II	UBBA

Année universitaire : 2017-2018

Remerciements

Nos remerciements vont à Dieu le tout puissant qui nous a donné le courage et la volonté pour réaliser ce modeste travail.

Nous exprimons Notre reconnaissances à notre Promotrice Madame BOUNAB Farida, pour sa disponibilité, son envie de toujours vouloir transmettre ses connaissances à ses étudiants et pour ses pertinentes remarques et conseils.

Nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à Mme BENHAMOUDA Berkahoum, pour tous les conseils qu'elle nous a prodigué.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche, en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs connaissances.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants du département chimie et les ingénieurs de laboratoires (A.BELAALMI, I.ZIANI, F.HABICH).

Nos remerciements aussi Dr.SAOUD Bilal enseignant à l'université de Bouira pour ses conseils, remarques et soutien morale.

Nos plus profonds remerciements vont à nos parents. Tout au long de notre cursus, ils nous ont toujours soutenu, encouragé et aidé. Ils ont su nous donner toutes les chances pour réussir. Nos remerciements à toute notre famille et à nos amies et camarades de promotion pour les bons et les mauvais moments passés ensemble. Un grand Merci à tous ceux que nous avons omis de citer ici, et qui ont contribué d'une façon ou d'une autre, dans ce travail.

Dédicace

*Je remercie Dieu de m'avoir donné le courage afin d'accomplir ce modeste
travail que je dédie à:*

*Ma très chère Maman à qui je dois beaucoup pour ces sacrifices, son amour,
son aide et son soutien afin de me voir parvenir à ce que je suis devenu
aujourd'hui,*

Mon cher Papa qui m'a donné la volonté de réaliser et de finir ce travail,

Mes très chers frères SAMIR, SALIM, BILAL, OUSSAMA, OMAR,

Ma très chère sœur SOUMIA,

Tous les membres de ma famille,

Mes amis FAIROUZ et IKRAM,

Tous mes amis avec lesquels je partage tous les souvenirs inoubliables.

IMANE

DÉDICACE

A l'aide de dieu tout puissant, qui trace le chemin de ma vie j'ai pu arriver à réaliser ce modeste travail que je dédie :

Aux êtres les plus chers a mon cœur, ma mère et mon père qui ont toujours veillé sur moi, et m'ont toujours soutenu que dieu les protège.

*✍ A toute ma grande famille, **HABACHE***

*✍ A ma sœur : **NESSMA***

*✍ A mes frères : **MOURAD, HOUSSEM, AYMEN***

✍ A mes grands parents

*✍ A ma cousine : **AMEL***

*✍ A mon binôme «**SAOUD IMANE**»*

*✍ A tous amis et mes collègue, surtout **KHAWLA***

*✍ A tous mes amis ainsi qu'à tous mes camarades de **"MASTER"***

✍ A Merci à Tous

FAIROUZ

Sommaire

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction général	1

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur la pollution

I.1 Généralité sur la pollution	2
I.2 Notion de la pollution	2
I.3 L'origine de la Pollution	2
I.3.1. Pollution domestique	2
I.3.2. Pollution industriel	3
I.3.3. Pollution agricole	3
I.4.Mode de pollution	3
I.4.1.Pollution accidentelle	3
I.4.2.Pollution diffuse	4
I.4.3.Pollution anthropique	4
I.5.Evaluation de la pollution	4
I.5.1.Les types de pollution	4
I.6.Les Pollution aqueuses et leur traitement	6
I.6.1. Classification des polluants de l'eau	6
I.7.Les effluent textiles	7
I.8.La lutte contre la pollution	8
I.8.1.Traitement biologique	8
I.8.2.Traitement chimique	8
I.8.3.Traitement physique	8

Chapitre II : Les Colorants Textiles

II.1.Généralité sur les colorants	9
II.2. L'origine de la couleur	9
II.2.1.Colorant naturel	10
II.2.2.Colorant synthétique	10
II.3. Classification des colorantes	10
II.3.1.Classification selon la constitution chimique	11
II.3.2.Classification tinctoriale	11
II.3.3.Colorant triphénylméthane	11
II.4.Le Traitement des effluents textiles	14
II.4.1.Les dangers évidents	14
II.4.2 Dangers a long terme	15
II.5.Application des colorantes	16
II.5.1.Industrielles	16
II.5.2.Alimentaires	16

Chapitre III : Généralités sur l'adsorption et les différents adsorbants

III.1.Généralité sur le phénomène d'adsorption	17
III.2.Définition de l'adsorption	17
III.3.Types d'adsorption	17
III.3.1.L'adsorption chimique	17
III.3.2.L'adsorption physique	18
III.4.Mécanisme d'adsorption	18
III.4.1.L'adsorption par liaison ioniques ou échange des ions	18
III.4.2. L'adsorption par liaison hydrogène	18
III.4.3.L'adsorption par les force de vend der waals	18
III.4.4.Rétention hydrophobe	19
III.5.Cinétique d'adsorption	19
III.6.Facteur influence d'adsorption	20
III.6.1.Température	20
III.6.2. pH	20
III.6.3.Masse d'adsorbant	20
III.6.4.Solubilité d'adsorbat	20
III.6.5.Structure moléculaire	20
III.6.6.Masse moléculaire d'adsorbat	21
III.7.Isotherme d'adsorption	21
III.7.1.Classification des isothermes d'adsorption	21
III.8.Les adsorbants	22
III.8.1.Les diffèrent types d'adsorbant	23

Partie expérimentale

Chapitre IV : Matériel et méthodes

IV.1. Choix des matériaux adsorbants	26
IV.2. Choix des molécules organique étudié	27
IV.2.1. Structure de bleu de bromothymol	27
IV.2.2. Propriété chimique et physique de bleu de bromothymol	27
IV.2.3. L'utilisation de bleu de bromothymol	28
IV.3. Méthode d'analyse	28
IV.3.1. Spectrophotométries d'adsorption	28
IV. 3.2. pH mètre	28
IV.4. Etalonnage des solutions	29
IV.5. Protocole expérimentaux	30
IV.5.1. Cinétique d'adsorption	30
IV.5.2. Les isothermes d'adsorption	30
IV.5.3.Calcul les quantités adsorbées	31
IV.5.4.Modélisation de l'adsorption	31

Chapitre V : Résultat et discussion

V.1.Cinétique d'adsorption	33
V.1.1.Adsorption de BBT sur CAG	33

V.1.2.Adsorption de BBT sur CAP	35
V.2.Effet des paramétrés opératoire	37
V.2.1.Effet de pH	37
V.2.2.Effet de concentration	40
V.3.Diffusion intraparticulaire	41
V.4.Isotherme d'adsorption	44
V.4.1.Isotherme d'équilibre	44
V.4.2.Modélisation d'isotherme d'adsorption	46
V.5.Discussion générale	49
Conclusion général	51
Référence bibliographique	52
Annexe	

Liste des figures

Figure II .1: Structure de colorant azoïque	11
Figure II.2: Structure de colorant anthraquinoniques	11
Figure II.3: Structure de colorant xanthènes	11
Figure II.4: Structure de colorant indigoïdes	12
Figure II.5: Structure de colorant phthalocyanines	12
Figure III.1: Représentation schématique du phénomène d'adsorption sur charbon Actif	19
Figure III.2: Types d'isotherme d'équilibre d'adsorption	21
Figure III.3: Modèle d'adsorption en monocouche	23
Figure III.4: Charbon actif en poudre	26
Figure III.5: Charbon actif en grain	27
Figure III.6: Charbon actif en extrudé	27
Figure IV.1: Organigramme descriptif des etapes de préparation des adsorbants étudié	28
Figure IV.2 : Courbe d'étalonnage de BBT a pH=4,2	31
Figure IV.3 : Courbe d'étalonnage de BBT a pH=8	32
Figure IV.4: Modèle d'adsorption en monocouche.	32
Figure V.1 : La Cinétique d'adsorption de Bbt sur CAG (a:pH=8 $C_0=30\mu\text{mol/L}$;b :pH=4,2 $C_0=30\mu\text{mol/L}$;c :pH=8 $C_0=80\mu\text{mol/L}$;d :pH=4,2 $C_0=80\mu\text{mol/L}$;e :pH=8 $c_0=110\mu\text{mol/L}$;f:pH=4,2 $c_0=110\mu\text{mol/L}$)	36
Figure V.2 : La cinétique d'adsorption de BBT sur CAP (a :pH=8 $C_0=30\mu\text{mol/L}$;b :pH=4,2 $C_0=30\mu\text{mol/L}$;c :pH=8 $C_0=80\mu\text{mol/L}$;d:pH=4,2 $C_0=80\mu\text{mol/L}$;e :pH=8 $c_0=110\mu\text{mol/L}$;f:pH=4,2 $c_0=110\mu\text{mol/L}$)	38
Figure V.3 : la cinétique d'adsorption de BBT sur CAG sous l'effet de pH (a: $C_0=30\mu\text{mol/l}$ pH=8 et pH=4,2 ; b: $C_0=80\mu\text{mol/l}$ pH=8 et pH=4,2 ; c: $C_0=110\mu\text{mol/l}$ pH=8 et pH=4,2).	40
Figure V.4 : la cinétique d'adsorption de BBT sur CAP sous l'effet de pH (a: $C_0=30\mu\text{mol/l}$ pH=8 et pH=4,2 ; b: $C_0=80\mu\text{mol/l}$ pH=8 et pH=4,2	

; c: $C_0=110\mu\text{mol/l}$ pH=8 et pH=4,2) 41

Figure V.5 : la cinétique d'adsorption de BBT sur CAG sous l'effet de concentration initiale (**a**: pH=8 et **b**: pH=4,2). 42

Figure V.6 : la cinétique d'adsorption de BBT sur CAG sous l'effet de concentration initiale (**a**: pH=8 et **b**: pH=4,2). 42

Figure V.7 :La quantité de BBT adsorbée sur CAG en fonction de $t^{1/2}$ (a :pH=8 $C_0=30\mu\text{mol/L}$;b :pH=4,2 $C_0=30\mu\text{mol/L}$;c :pH=8 $C_0=80\mu\text{mol/L}$;d :pH=4,2 $C_0=80\mu\text{mol/L}$;e pH=8 $C_0=110\mu\text{mol/L}$;f:pH=4,2 $C_0=110\mu\text{mol/L}$) 44

Figure V.8 :La quantité de BBT adsorbée sur CAP en fonction de $t^{1/2}$ (a :pH=8 $C_0=30\mu\text{mol/L}$;b :pH=4,2 $C_0=30\mu\text{mol/L}$;c :pH=8 $C_0=80\mu\text{mol/L}$;d :pH=4,2 $C_0=80\mu\text{mol/L}$;e pH=8 $C_0=110\mu\text{mol/L}$;f:pH=4,2 $C_0=110\mu\text{mol/L}$) 45

Figure V.9 : Isotherme d'équilibre d'adsorption de BBT sur CAG(a) pH=8 et (b) pH=4,2 46

Figure V.10 : Isotherme d'équilibre d'adsorption de BBT sur CAP(a) pH=8 et (b) pH=4,2 47

Figure V.11 : Isotherme d'adsorption de BBT sur CAG (a)pH=8 et (b) pH=4,2 selon le modèle de Langmuir 49

Figure V.12 : Isotherme d'adsorption de BBT sur CAP (a)pH=8 et (b) pH=4,2 selon le modèle de Langmuir 49

Figure V.13 : Isotherme d'adsorption de BBT sur CAG (a)pH=8 et (b) pH=4,2 selon le modèle de Freundlich 50

Figure V.14 : Isotherme d'adsorption de BBT sur CAP (a)pH=8 et (b) pH=4,2 selon le modèle de Freundlich 51

Liste des tableaux

Tableau II.1 : Principaux group chromophores et autochromes, classé par intensité croissantes	9
Tableau V.1 : Temps d'équilibre d'adsorption, les quantités maximales adsorbées et leur temps de rétention pour BBT sur CAG	37
Tableau V.2 : Temps d'équilibre d'adsorption, les quantités maximales adsorbées et leur temps de rétention pour BBT sur CAP	39
Tableau V.3 : Les principaux paramètres caractérisant le modèle d'adsorption de Langmuir de BBT sur les deux adsorbants	49
Tableau V.4 : Les principaux paramètres caractérisant le modèle d'adsorption de Freundlich de BBT sur les deux adsorbants	51

Introduction générale

Introduction générale

La qualité des eaux dans le monde a connu ces dernières années une grande détérioration, à cause des rejets industriels non contrôlés, Les activités agricoles, minières et industrielles de l'homme moderne génèrent des déchets chargés en éléments polluants.

La pollution de l'eau correspond à la présence dans l'eau de matière organique ou de produits chimique ou de déchet industriels. Cette pollution touche les eaux de surface (océans, rivières, lacs..) et les eaux souterraines qui circulent le sol.

Parmi les industries qui engendrent une pollution importante, l'industrie textile dont les rejets sont surtout caractérisés par leurs couleurs qui donnent une sensation d'une pollution assez grave. Les colorants de synthèse, toxiques pour la plupart, sont largement utilisés dans l'industrie textile. D'un point de vue purement technologique, ces substances sont classées en deux grandes familles : les colorants solubles dans l'eau et les colorants insolubles dans l'eau. Les premiers sont responsables d'un problème délicat car les traitements classiques des eaux ayant servi dans les bains de teinture n'assurent pas une épuration satisfaisante.

Les procédés classiques de purification ont montré leurs limites, la coagulation-floculation-décantation ne permet pas un abattement suffisant de ces composés. Dans le cadre de l'ozonation, l'ozone réagit parfois avec le colorant pour donner des formes oxydées également colorées. La réduction de cette micropollution organique par adsorption sur charbon actif est restée pendant longtemps et jusqu'à ce jour la méthode la plus utilisée et la plus efficace. En effet, l'introduction discontinue de charbon actif en poudre en tête de la filière de traitement a été alors complétée par la mise en œuvre des procédés de traitement par adsorption sur lit de charbon actif en grains. Bien que le charbon actif présente de nombreux avantages (fort pouvoir adsorbant dû essentiellement à sa grande surface spécifique), la remise en cause de la pré-oxydation chimique par le chlore ainsi que le coût engendré par la régénération périodique des matériaux ont conduit, depuis les années 1980, de nombreux laboratoires de différents horizons à s'intéresser à la recherche de nouveaux adsorbants à base de matériaux naturels.

Ce mémoire à pour but essentiel la dépollution des eaux polluée par le colorant textile le bleu de bromothymol BBT. Ce travail s'organise en deux parties principales l'une théorique et l'autre expérimentale.

La première partie de ce travail subdivise en trois chapitres. Le premier chapitre contient des généralités sur la pollution des eaux. Le second chapitre, présent des rappels théorique sur les colorants textiles. Alors que, dans le troisième chapitre nous abordons le phénomène d'adsorption et les différents matériaux adsorbant.

Dans la deuxième partie, nous présentons dans le quatrième chapitre le mode opératoire et les conditions de travail.

Le dernier chapitre traite, tous les résultats obtenus.

Chapitre I :

Généralités sur la pollution

I.1. Généralité sur la pollution :

La pollution comme étant toute modification défavorable des propriétés physiques, chimiques ou biologiques, ou tout rejet de substances liquides, gazeuses ou solides dans l'eau de façon à créer une nuisance ou à rendre cette eau dangereuse d'utilisée. La pollution de l'eau est due essentiellement aux activités humaines ainsi qu'aux phénomènes naturels. Elle a des effets multiples qui touchent aussi bien la santé publique que les organismes aquatiques, ainsi que la flore et la faune terrestre. L'ensemble des éléments perturbateurs parviennent au milieu naturel de deux façons différentes : par rejets bien localisés (villes et industries) à l'extrémité d'un réseau d'égout ou par des rejets diffus (lessivage des sols agricoles, des aires d'infiltration dans les élevages, décharges, ...). L'introduction dans le sous-sol provoque une pollution des eaux souterraines qui sont caractérisée par une propagation lente et durable (une nappe est contaminée pour plusieurs dizaines d'années) et une grande difficulté de résorption ou de traitement [1].

I.2. Notion de la pollution :

D'après Ramade, la pollution est une modification défavorable du milieu naturel. Ou en modifié les composantes physiques, chimiques ou biologiques, qui apparait en totalité ou en partie comme un sous- produit de l'action humaine. Ces modifications peuvent affecter l'homme directement ou au travers des ressources agricoles, en eau et autres produits biologiques [2].

La contamination et la pollution se rapportent toute les deux à la présence des produits chimiques dans l'environnement. La contamination se réfère à la présence d'un ou plusieurs produits chimiques à des concentrations plus hautes que la normale, mais non assez pour causer des dégâts biologiques ou écologiques.

La pollution de l'eau décrit généralement l'introduction ou la présence des substances nocives ou inacceptables dans l'ampleur suffisante pour modifier les indices de qualité de l'eau naturelle .La pollution de l'eau douce (par exemple par le biais de l'eutrophisation, l'acidification, et la pollution des eaux souterraines) est celle qui diminue sa pureté [3].

I.3. l'origine de la pollution :

Généralement ce type de pollution d'origine humaine due à l'activité de l'homme [4], peut causer l'émission de substances susceptibles de contaminer les sols et de s'infiltrer jusqu'aux l'eau souterraine.

I.3.1. Pollution domestique :

Dans le cas d'un assainissement, collectif ou individuel, défectueux, des substances indésirables contenues dans les eaux vannes et les eaux ménagères peuvent être transférées à la nappe (matières organiques, détergents, solvants, antibiotiques, micro-organismes...).

Le cas se produit avec les puits perdus, l'assainissement individuel avec infiltration dans le sol mal conçue ou mal dimensionnée, les stations d'épuration urbaines surchargées... Les ordures ménagères accumulées dans des décharges sauvages ou non mises à la norme (centre d'enfouissement technique) libèrent également des lixiviations riches en polluants.

I.3.2. Pollution industrielle :

Les polluants d'origine industrielle sont très variés selon le type d'activité: substances organiques banales, produits organiques de synthèse, hydrocarbures, sels minéraux, métaux lourds... Les pollutions sont exceptionnelles (incident dans un procès) mais encore trop souvent chroniques (fuite de réservoirs, de canalisations...) Un cas surfaces. En effet, les pratiques actuelles des cultures et de l'élevage influencent fortement le régime et la qualité des eaux.

L'utilisation massive des engrais et des produits chimiques de traitement des plantes détruit la vie dans les rivières et rend impropres à la consommation humaine, et parfois animale, les eaux superficielles et souterraines, alors que les professionnels agricoles ont long temps nié l'impact de leur activité sur la qualité de l'eau et refusé la moindre contrainte. Le transfert particulier est celui des exploitations minières.

L'extraction des granulats en plaine alluviale met en contact l'eau de la nappe avec les polluants éventuels.

I.3.3. Pollution agricole :

La pollution est étendue dans l'espace et dans le temps; elle est chronique et concerne de grandes des engrais et pesticides à la nappe se fait soit par infiltration sur l'ensemble de la surface cultivée, soit par rejet dans des puits perdus, des gouffres et bétoires. La pratique de l'irrigation accélère le transfert. Une pollution ponctuelle commune est fournie par les eaux de rinçages des récipients et appareils d'épandage. L'épandage des boues de stations d'épuration pose problème par leur charge possible en métaux lourds et germes, en plus de leur richesse en azote résiduelle après culture. Les élevages intensifs de bovins et volailles produisent une grande quantité de déjections azotées qui doit être stockées en réservoirs étanches avant d'être utilisée comme engrais. Les lisiers sont responsables de la charge en nitrates des nappes.

I.4. Mode de pollution :

I.4.1. Pollution accidentelle :

La pollution accidentelle désigne une pollution constatée suite à un événement imprévu et indépendant de la volonté de l'homme, par opposition à une pollution chronique. La pollution accidentelle peut être de nature très diverses et présenter des degrés de gravité variés. La pollution accidentelle est souvent la cause de pollution massive sur une courte période [5].

I.4.2. Pollution diffuse :

Pollution des eaux causée par des rejets issus de toute la surface d'un territoire et transmis aux milieux aquatiques de façon indirecte (ex: par ou à travers le sol) [6].

I.4.3. Pollution anthropique :

Les diverses roches et compartiments rocheux s'altèrent au cours des millénaires pour devenir des sols fertiles. Ce substrat est indispensable à l'écosystème terrestre, à la croissance des plantes et à la vie des organismes supérieurs. L'observatoire national des sols (NABO), qui en examine l'état et la pollution, est un instrument important pour les protéger dans une optique préventive [7].

I.5. Evaluation de la pollution :

L'évaluation des niveaux de pollution à proximité des axes de circulation est un exercice complexe, compte tenu des nombreux facteurs à prendre en considération à cette échelle. Les concentrations en polluants enregistrées en bordure de voie dépendent en effet des émissions locales générées par le trafic automobile (dépendant elles-mêmes des conditions de circulation et de la composition du parc automobile), des paramètres influant sur la dispersion des polluants (météorologie locale et configuration de voirie) et des niveaux de concentration de fond des zones environnantes [8].

I.5.1. Les types de pollution :

Selon (Viala, 1998) [9], pour la classification classique le phénomène de pollution envisageant ce qui se passe au niveau du sol, de l'air et de l'eau. Mais, actuellement, elle peut se faire selon la nature du facteur ou d'agent polluant considéré:

I.5.1.1. Pollution physique :

Il s'agit d'une pollution qui se traduit par la présence des particules de taille et de matière très variées dans l'eau; qui lui confèrent un caractère trouble. On distingue aussi les matières décantées (plus lourds que l'eau elle - même), les matières flottables (plus légères que l'eau) et les matières non séparables (de même densité que l'eau).

La pollution physique désigne autre type de pollution, telle que la pollution thermique due à la température élevée qui cause une diminution de la teneur en oxygène dissous ainsi qu'une réduction de la solubilité des gaz, et la pollution radioactive où la radioactivité des eaux naturelles est peut être d'origine naturelle ou artificielle (énergie nucléaire).

➤ **Pollution thermique :**

Elle résulte des rejets d'eaux à température trop élevée (eaux de refroidissement par exemple), qui influent à la fois sur la solubilité de l'oxygène et sur l'équilibre biologique du milieu. Ainsi elle peut provoquer de véritables bouleversements dans l'environnement biocénétiques car elle agit sur un facteur écologique primordial qui est la température du milieu. En effet, les poissons les plus résistants meurent à 35 °C [10].

➤ **La pollution radioactive :**

Cette pollution est occasionnée par une éventuelle radioactivité artificielle des rejets qui trouve sa source dans l'utilisation de l'énergie nucléaire sous toutes ses formes (installations et centrales nucléaires, exploitation de mines d'uranium, traitement des déchets radioactifs).

Les radiations sont des ondes électromagnétiques, composées de différents types de particules subatomiques qui, lorsqu'elles pénètrent dans des tissus vivants, provoquent des dommages, et ont des effets cumulatifs différés dans le temps. Ainsi, elle peut déclencher un cancer de type leucémie ou provoquer des percussions d'ordre génétique.

En fait, la particularité de cette pollution, est qu'elle n'est pas perceptible par l'observation humaine quotidienne. En outre, La radioactivité de certains isotopes dure plusieurs siècles c'est pourquoi l'élimination des déchets radioactifs est dangereuse et pose un réel problème: des tremblements de terre peuvent ramener à la surface les déchets profondément enfouies sous terre [10].

I.5.1.2. Pollution chimique :

La pollution chimique des eaux résulte de la libération de certaines substances minérales toxiques dans les cours d'eaux, par exemple: les nitrates, les phosphates, l'ammoniac et autre sels, ainsi que des ions métalliques. Ces substances exercent un effet toxique sur les matières organiques et les rendent plus dangereuses.

Les polluants chimiques sont classés à l'heure actuelle en cinq catégories:

- Les substances chimiques dites indésirables.
- Les pesticides.
- Les produits apparentés.
- Les détergents et les colorants et autre éléments toxiques [9].

I.5.1.3. Pollution biologique :

Un grand nombre de micro-organismes peut proliférer dans l'eau qui sert l'habitat naturel ou comme une simple moyenne de transport pour ces micro-organismes.

L'importance de la pollution de l'eau dépend également des conditions d'hygiène, des populations, mais aussi des caractéristiques écologiques et épidémiologiques. Les principaux organismes pathogènes qui se multiplient dans l'eau sont: les bactéries, les virus, les parasites et les champignons, on parle ainsi de la pollution bactérienne, viral ou parasitaire [9].

I.5.1.4. Pollution bactérienne :

L'eau polluée peut contenir de très nombreuses colonies de bactéries pathogènes qui transmettent plusieurs types d'affection dites des maladies à transmission hydrique (MTH). La plupart de ces pathogènes sont d'origine fécale car ils sont plus connus et facile à rechercher et à dénombrer, et leur transmission dite Oro-fécale.

Parmi les germes teste de contamination fécale qui se trouvent d'une façon presque constante dans les matières fécales humaines et animales appartiennent aux espèces suivantes:

- Coliformes: coliformes totaux et coliformes fécaux(E-coli).
- Streptocoques du groupe D: dite streptocoques fécaux.
- Clostridium-sulfio-réducteurs [9].

I.6. Les pollutions aqueuses et leur traitement :

La majeure partie des polluants rejetés dans l'environnement parvient au milieu marin, soit indirectement par les rivières, les ruissèlements ou l'atmosphère. Soit directement par les rejets à la mer d'origine urbaine, agricole, ou industrielle [11].

I.6.1.Classification des polluants de l'eau :

Les polluants de l'eau peuvent être classés dans les catégories suivantes [12]:

- a. Sur la base des sources de pollution:** les polluants de l'eau sont répartis dans les catégories suivantes sur la base des sources de pollution:
 - **Les polluants industriels:** les polluants industriels différents comprennent des chlorures, des sulfures, des carbonates, des nitrates, des nitrites de métaux lourds tels que le mercure, le plomb, le zinc ect, des composés organiques de synthèse à des fins industrielles, etc.
 - **Polluants agricoles:** ce sont des engrais chimiques pesticides, insecticides et herbicides, des composés chimiques synthétiques, les mauvaises herbes et des plantes restes.
 - **Polluants urbains:** ceux-ci contiennent des produits chimiques à partir de gaz d'échappement automobile, les produits chimiques de la chaux et des engrais chimiques utilisés dans les pelouses et les jardins au sein de la ville, les eaux usées domestiques, etc.

- **Polluants naturels:** Les polluants naturels comprennent les poussières volcaniques, les sédiments en raison de l'altération et de l'érosion, les débris causés par glissement, pourri et décomposé la matière organique, etc.
- b. Sur la base des caractéristiques physiques et chimiques:** sur cette base, les polluants de l'eau sont divisés en deux catégories:
- **Polluants physiques:** polluants évolution des caractéristiques physiques telles que la couleur, le goût, la turbidité, les sédiments, l'huile et la graisse contenu, dissous et solides en suspension, etc.
 - **Les polluants chimiques:** ceux-ci sont des chlorures, des sulfates, des sulfites, des sulfures, des carbonates, des nitrates de métaux lourds tels que le mercure, le plomb, le cadmium, etc. les pesticides, les herbicides, les insecticides et d'autres composés chimiques.
- c. Sur la base de la dégradation de la nature:** sur cette base, les polluants de l'eau sont de deux types:
- **Polluants dégradables:** ces polluants peuvent être décomposés par des moyens biologiques tels que des décomposeurs ou des micro-organismes. Ces polluants sont également connus comme les polluants organiques, par exemple litières de feuilles, les eaux usées, les ordures, les plantes et les animaux.
 - **Polluants non-dégradables:** ces polluants ne peuvent pas être dégradés par des moyens biologiques. Ceux-ci sont également connus comme des polluants inorganiques, par exemple les polluants chimiques et les substances toxiques solides.

I.7. Les effluents textiles :

Les effluents des usines de textile (EUT) sont les eaux usées rejetées par les usines de textile qui utilisent des procédés de traitement au mouillé, comme le débouillissage, la neutralisation, le désencollage, le mercerisage, le carbonisage, le foulonnage, le blanchiment, la teinture, l'impression et d'autres procédés de finissage au mouillé. Ils n'incluent pas les effluents produits par les usines qui n'utilisent que des procédés de traitement à sec (cardage, filage, tissage et tricotage), de blanchissage ou de fabrication de fibres synthétiques par des procédés chimiques[13].

I.8. La lutte contre la pollution :

I.8.1. Traitement biologique :

Un traitement biologique performant, par exemple une bouse activité fonctionnement en faible charge et munie d'une clarification efficace, élimine la quasi-totalité des pollutions particulières et des composés. Biologiquement dégradables de l'eau usée admise au traitement [14].

I.8.2. Traitement chimique :

A pour objet de modifier le pH d'une eau résiduaire pour l'amener à une valeur déterminée afin de favoriser un traitement ultérieur, ou permettre son rejet dans un milieu récepteur. Il s'agit d'une opération dans laquelle on ajoute à une eau à caractère basique protonique complet entre les deux constituants [14].

I.8.3. Traitement physique :

I.8.3.1. Adsorption :

L'adsorption est le processus où des molécules d'une espèce appelée adsorbant (gaz ou liquide) viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant. L'adsorption peut être physique ou chimique selon la nature des interactions qui se produisent entre l'adsorbant et la surface de l'adsorbant [14].

Chapitre II :

Les colorants textiles

II.1. Généralités sur les colorants :

Les colorants constituent un groupe très diversifié de composés ayant en commun la propriété de colorer d'une manière permanente les tissus, cuirs ou papiers. Tous ces colorants sont des composés aromatiques dont les électrons très délocalisés peuvent absorber la lumière pour certaines longueurs d'ondes. Les propriétés colorantes des composés organiques dépendent de leur structure et de leur composition chimique. En général, les produits utilisés comme colorants sont des composés organiques insaturés et aromatiques. Les colorants rejetés par les industries textiles et les officines de nettoyage des vêtements, sont peu ou pas biodégradables et résistent bien aux traitements classiques d'épuration. Ils créent surtout une nuisance visuelle dans les eaux contaminées bien qu'un certain nombre d'entre eux est mutagène et cancérogène [15].

II.2. L'origine de la couleur :

Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible de (380 à 750 nm). La transformation de la lumière blanche en lumière colorée par réflexion sur un corps, ou par transmission ou diffusion, résulte de l'absorption sélective d'énergie par certains groupes d'atomes appelés chromophores. La molécule colorante est un chromogène [16].

Plus la facilité du groupe chromophore à donner un électron est grande, plus la couleur sera intense (groupes chromophores classés par intensité décroissante dans le tableau (II-1)). D'autres groupes d'atomes du chromogène peuvent intensifier ou changer la couleur due au chromophore : ce sont les groupes auxochromes [17].

Tableau II.1: Principaux groupes chromophores et autochromes, classés par intensité croissante [17].

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

De manière générale, les colorants consistent en un assemblage de groupes chromophores, auxochromes et de structures aromatiques conjuguées (cycles benzéniques, anthracène, perylène...etc.). Lorsque le nombre de noyau aromatique augmente, la conjugaison des doubles liaisons s'accroît et le système conjugué s'élargit. L'énergie des liaisons π diminue tandis que l'activité des électrons π ou n augmente et produit un déplacement vers les grandes longueurs d'onde.

De même lorsqu'un groupe auxochrome donneur d'électrons (amino, hydroxy, alkoxy...etc.) est placé sur un système aromatique conjugué, ce groupe se joint à la conjugaison du système π , la molécule absorbe alors dans les grandes longueurs d'ondes et donne des couleurs plus foncées [18].

II.2.1. Colorants naturels :

Un colorant naturel, comme sont nom l'indique, est une substance colorée qui provient d'un produit naturel, minéral, végétal ou animal, les plus connus sont les chlorophylles qui donnent la couleur verte, la betterave rouge, le charbon médicinal végétal qui donne la couleur noire, etc. la riboflavine donne aux beurres et margarine blanches leur couleur jaune [19].

II.2.2. Colorants synthétique :

Les colorants de synthèse ont progressivement supplanté les colorants naturels. Les recherches, menées depuis le milieu du XIXe siècle, ont débouché sur la fabrication de très nombreuses familles de colorants, où l'on trouve souvent des imitations de la structure chimique des colorants naturels. Cette recherche a joué également un rôle important dans l'essor de la chimie organique et dans la compréhension de la nature des molécules [20].

II.3. Classification des colorants :

II.3.1. Classification selon la constitution chimique :

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupe chromophore [15].

II.3.1.1. Les colorants azoïques :

Les colorants "azoïques" sont caractérisés par le groupe fonctionnel azo (-N=N-) unissant deux groupements alkyles ou aryles identiques ou non (azoïque symétrique et dissymétrique). Ces structures qui reposent généralement sur le squelette de l'azobenzène, sont des systèmes aromatiques par un groupe chromophore azo [21].

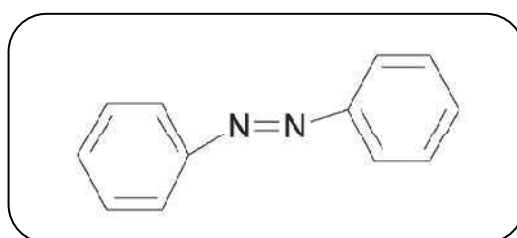


Figure II.1: Structure de colorant azoïque.

II.3.1.2. Les colorants anthraquinoniques :

Sont d'un point de vue commercial les plus importants après les colorants azoïques. Leurs formules générales dérivées de l'anthracène montre que le chromophore est un noyau quinonique sur lequel peuvent s'attacher des groupes hydroxyles ou amino [22].

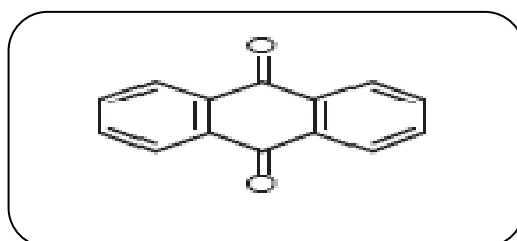


Figure II.2: Structure de colorant anthraquinoniques.

II.3.1.3. Les colorants xanthènes :

Le composé le plus connu est la fluorescéine. Ils sont dotés d'une intense fluorescence. Peu utilisés en tant que teinture, leur faculté de marqueurs lors d'accident maritime ou de traceurs d'écoulement pour des rivières souterraines est malgré tout bien établie [18].

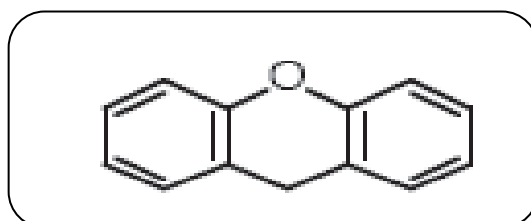


Figure II.3: Structure de colorant xanthènes.

II.3.1.4. Les colorants indigoïdes :

Tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent. Ainsi les homologues sélénié, soufré et oxygéné du bleu indigo provoquent d'importants effets hypochromes avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise [23].

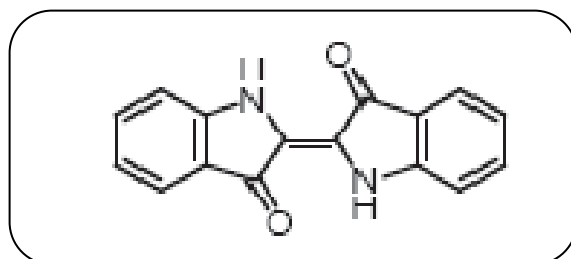


Figure II.4: Structure de colorant indigoïdes.

II.3.1.5. Les colorants phtalocyanines :

Les phtalocyanines ont une structure complexe possédant un atome métallique central. Les colorants de ce groupe sont obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Co, Ptetc.) [24].

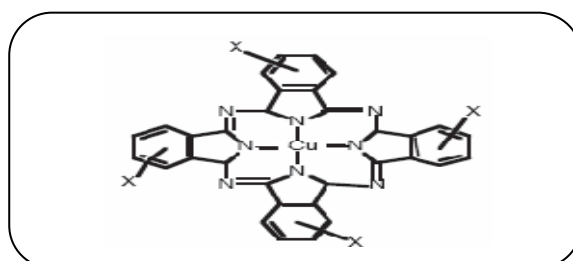


Figure II. 5: Structure de colorant phtalocyanines.

II.3.2. Classification tinctoriale :

II.3.2.1. Les colorants acides ou anioniques :

Sont solubles dans l'eau et les glycols. Leur résistance à la lumière est variable selon les références, d'excellente à médiocre. Le pH des colorants acides (en dilution aqueuse) varie généralement entre 6 et 10. Certains colorants acides présentent une bonne stabilité en milieu fortement alcalins [25].

II.3.2.2. Les colorants cationiques (ou basiques) :

Qui sont caractérisés par une grande vivacité des teintes. Cependant ils résistent mal à l'action de la lumière et de ce fait, ils ne peuvent pas être utilisés pour la teinture des fibres naturelles. On note qu'avec les fibres synthétiques, par exemple, les fibres acryliques, ils donnent des coloris très solides [26].

II.3.2.3. Les colorants directs :

Appelés également colorant substantifs. Ils contiennent toujours des groupes de solubilisation (principalement des groupes acides sulfoniques, mais également des groupes hydroxyles) qui sont ionisés en solution aqueuse. Ils teignent les fibres cellulosiques et plus particulièrement le coton en bain (chlorures ou sulfates de sodium) [27].

II.3.2.4. Les colorants dispersés :

De nombreux représentants azoïque appartiennent à cette série .Ils sont insolubles dans l'eau mais sont, à l'aide de produits appropriés, dispersables dans l'eau. Ils se dissolvent dans les fibres, qui ont pour principale caractéristique d'être peu polaire c'est-à -dire des fibres dont les groupes fonctionnels ne sont pas hydrolyxables .Ils sont caractérisés par une cinétique lente du processus de teinture ce qui oblige à opérer à haute température et même à haute pression [28].

II.3.2.5. Les colorants à mordants :

On généralement un ligand fonctionnel capable de réagir fortement avec un sel d'aluminium, de chrome, de cobalt, de cuivre, de nickel ou de fer pour donner différents complexes colorés avec le textile [29].

II.3.2.6. Les colorants de cuve :

Initialement insolubles dans l'eau, ils sont rendus solubles après réaction de réduction. Le produit de cette réduction s'appelle leuco-dérivé.

Il se fixe alors sur les fibres, mais lorsque celles-ci sont ensuite exposées à l'oxygène de l'air, ou tout autre oxydant, il devient insoluble dans l'eau ; ce qui permet donc d'obtenir des couleurs qui résistent à l'eau [30].

II.3.2.7. Colorants réactifs :

Ces colorants contiennent des groupes chromophores issus essentiellement des familles azoïques, anthraquinonique et phtalocyanine.

Leur appellation est liée à la présence d'une fonction chimique réactive, de type triazinique ou vinylsulfone assurant la formation d'une liaison covalente forte avec les fibres. Solubles dans l'eau, ils entrent de plus en plus fréquemment dans la teinture du coton et éventuellement dans celle de la laine et des polyamides [31].

II.3.2.8. Les colorants développés ou azoïque insolubles :

Sont formés directement sur la fibre. Au cours d'une première étape, le support textile est imprégné d'une solution de naphthol ou copulant.

Les précurseurs de la molécule suffisamment petits pour diffuser dans les pores et les fibres sont ensuite traités avec une solution de sel de diazonium qui par réaction de copulation entraîne le développement immédiat du colorant azoïque [32].

II.3.3. Colorants triphénylméthane :

Le triphénylméthane est hydrocarbure composés de trois cycles phényle liés à un carbone central. On retrouve cette structure de base dans un grand nombre de composés organiques colorés, tels que les colorants organiques ou encore les indicateurs de pH [30].

II.4. Le traitement des effluents textiles :

II.4.1. Les dangers évidents :

II.4.1.1. Eutrophisation :

Différents ions peuvent être évacués dans le milieu naturel tel que le phosphate, utilisé comme détergent lors du processus d'ennoblissement ou le nitrate libéré sous l'action des microorganismes sur les colorants. Ces ions minéraux introduits en quantité trop importante peuvent devenir toxiques pour la vie piscicole et altérer la production d'eau potable. Leur consommation par les plantes aquatiques accélère la prolifération anarchique de celles-ci et conduit à l'appauvrissement en oxygène par inhibition de la photosynthèse dans les strates les plus profondes des cours d'eau et des eaux stagnantes [33].

II.4.1.2. La sous-oxygénation :

Lorsque des charges importantes de matière organique sont apportées au milieu via des rejets ponctuels, les processus naturels de régulation ne peuvent plus compenser la consommation bactérienne d'oxygène. Estime que la dégradation de 7 à 8 mg de matière organique par des micro-organismes suffit pour consommer l'oxygène contenu dans un litre d'eau [34].

II.4.1.3. La couleur, la turbidité, l'odeur :

L'accumulation des matières organiques dans les cours d'eau induit l'apparition de mauvais goûts, prolifération bactérienne, odeurs pestilentielles et colorations anormales. On évalue qu'une coloration pouvait être perçue par l'œil humain à partir de $5 \cdot 10^{-6}$ g/L. En dehors de l'aspect inesthétique, les agents colorants ont la capacité d'interférer avec la transmission de la lumière dans l'eau, bloquant ainsi la photosynthèse des plantes aquatiques. Les dangers à long terme sont les plus menaçants car ils sont moins apparents [35].

II.4.2. Dangers à long terme :

II.4.2.1. Persistance :

Les colorants organiques synthétiques sont des composés impossibles à épurer par dégradations biologiques naturelles. Cette persistance est en étroite relation avec leur réactivité chimique. Notons aussi que par exemple, les composés insaturés sont moins persistants que les saturés, les alcanes sont moins persistants que les aromatiques [36].

II.4.2.1. Bioaccumulation :

La bioaccumulation des substances dans les organismes aquatiques peut entraîner des effets toxiques à long terme, même lorsque la concentration de ces substances dans l'eau est faible. Le potentiel de bioaccumulation est déterminé par la répartition de la substance testée entre le n-octavo et l'eau [37].

II.4.2.2. Cancer :

Si la plupart des colorants ne sont pas directement toxiques, une portion significative de leurs métabolites l'est [38]. Leur effet mutagène, tératogène ou cancérigène apparaît après dégradation de la molécule initiale en sous-produits d'oxydation : amine cancérigène pour les azoïques, leuco dérivé pour les triphénylméthanés [39].

II.4.2.3. Sous produits de chloration :

Le chlore utilisé pour éliminer les microorganismes pathogènes réagit avec la matière organique pour former des trihalométhanes (THM) pouvant atteindre plusieurs centaines de ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$). Ils sont responsables de développement de cancer du foie, des poumons, des reins et de la peau chez l'homme [40].

II.5. Applications des colorants :

Les colorants ont pour but d'améliorer l'aspect des produits misent en marché. Les colorants ont plusieurs applications, on peut citer entre autres :

II.5.1. Industrielles :

L'industrie des colorants constitue aujourd'hui un secteur capital de la chimie. Les colorants ont pour but d'améliorer l'aspect des produits misent en marché, ils sont employés pour la teinture des fibres textiles, que l'industrie de textile reste l'un des principaux secteurs d'utilisation (La gamme produite est complète, unique et identifiable). Les supports naturels (soie, coton, laine) valorisent admirablement ces colorants et offrent aux coloristes un vaste champ de possibilités [41]. Alors l'industrie des colorants constituent un marché économique considérable car de nombreux produits industriels peuvent être colorés, principalement :

- Dans l'industrie textile, fourrure, cuir (textiles à usage vestimentaires, de décoration, du bâtiment du transport, textiles à usage médicale).
- Dans l'industrie de matières plastique (pigments).
- Dans l'imprimerie (encre, papier).
- Dans l'industrie des cosmétiques et l'industrie agroalimentaire.
- Dans diverse industries, utilisées pour des carburants et des huiles.
- Dans l'industrie pharmaceutique (colorants).
- Dans l'industrie du bâtiment : peinture (pigments), matériaux de construction, céramique ...les enduit.

II.5.2. Alimentaires :

L'utilisation des colorants dans le domaine alimentaire est très variée. Ils permettent de renforcer la couleur d'un produit mais leur usage est réglementé par une législation stricte et rigoureuse.

L'industrie alimentaire mondiale utilise une quantité de plus en plus importante de colorants naturels ou artificiels, notamment dans les conserves, les confiseries, les boissons, mais aussi dans les fruits et légumes, les matières grasses (huiles, beurre, fromages) et le sucre.

Ils servent aussi à préparer des peintures, des vernis et trouvent un emploi comme additifs de produits alimentaires (une alimentation sans additifs est désormais inconcevable).

Les aliments à l'état brut paraîtraient aux yeux des consommateurs comme « moins bons ». La couleur, l'aspect de la nourriture ont une influence psychologique sur le goût perçu des aliments [42].

Chapitre III :
Généralités sur l'adsorption et
les différents adsorbants

III.1. Généralités sur le phénomène d'adsorption :

L'adsorption est un procédé de traitement, bien adapté pour éliminer une très grande diversité de composés toxiques dans notre environnement. Elle est essentiellement utilisée pour le traitement de l'eau et de l'air. Au cours de ce processus les molécules d'un fluide (gaz ou liquide), appelé adsorbat, viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant. Ce procédé définit la propriété de certains matériaux de fixer à leur surface des molécules (gaz, ions métalliques, molécules organiques, etc.) d'une manière plus ou moins réversible. Au cours de ce processus, il y aura donc un transfert de matière de la phase aqueuse ou gazeuse vers la surface solide. Le solide acquiert alors des propriétés superficielles (hydrophobie ou hydrophilie) susceptibles de modifier l'état d'équilibre du milieu (dispersion, floculation). La nature des liaisons formées ainsi que la quantité d'énergie dégagée lors de la rétention d'une molécule à la surface d'un solide permettent de distinguer deux types d'adsorption : adsorption physique et adsorption chimique [43].

III.2. Définition de l'adsorption :

L'adsorption à l'interface soluté/solide est un phénomène de nature physique ou chimique par lequel des molécules présentes dans les effluents liquide ou gazeux, se fixent à la surface d'un solide. Ce phénomène dépend à la fois de cette interface et des propriétés physico-chimiques de l'adsorbât. Ce phénomène spontané provient de l'existence, à la surface du solide et de forces non compensées, qui sont de nature physique ou chimique. Ces forces conduisent respectivement à deux types d'adsorption: la chimisorption et la physisorption [44].

III.3. Type d'adsorption :

La nature des liens entre l'adsorbant et la substance adsorbée, et la grandeur de l'énergie mise en jeu ont permis de distinguer deux types d'adsorption [45].

III.3.1. 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. La chaleur d'adsorption, relativement élevée, est comprise entre 20 et 200 Kcal/mol. La distance entre la surface et la molécule adsorbée est plus courte que dans le cas de la physisorption [45].

III.3.2. Adsorption physique (ou physisorption) :

Contrairement à la chimisorption, l'adsorption physique se produit à des températures basses. Les molécules s'adsorbent sur plusieurs couches (multicouches) avec des chaleurs d'adsorption souvent inférieures à 20 Kcal/mole. Les interactions entre les molécules du soluté (adsorbât) et la surface du solide (adsorbant) sont assurées par des forces électrostatiques type dipôles, liaison hydrogène ou Van der Waals. La physisorption est rapide, réversible et n'entraînant pas de modification des molécules adsorbées. La distinction entre les deux types d'adsorption n'est pas toujours facile. En effet, les énergies mises en jeu dans les physisorptions fortes rejoignent celles qui interviennent dans les chimisorptions faibles [45].

III.4. Mécanismes d'adsorption :

Pour mieux qualifier et quantifier la rétention, il convient de s'intéresser aux phénomènes se produisant à l'échelle moléculaire, c'est-à-dire aux mécanismes d'adsorption. Les liaisons composés/adsorbant sont de deux types :

- Liaisons de fortes énergies ($> 80 \text{ kJ. mol}^{-1}$) : liaisons ioniques et échanges de ligands.
- Liaisons de faibles énergies ($< 80 \text{ kJ. mol}^{-1}$) : interactions dipôle-dipôle, liaisons hydrogène, interactions hydrophobes.

Sur la base de ces liaisons, quatre mécanismes principaux peuvent être distingués [46].

III.4.1. Adsorption par liaison ionique ou échange d'ions :

Ce mécanisme ne concerne que les produits sous forme cationique ou ceux qui peuvent le devenir, comme les bases faibles. Il s'agit d'une interaction entre la molécule et les groupements ionisés ou facilement ionisables de l'adsorbant, tels que les groupements phénoliques et carboxyliques présents dans la structure des charbons. Ces liaisons sont le plus souvent peu réactives [46].

III.4.2. Adsorption par liaison hydrogène :

Certains supports peuvent présenter à leur surface de nombreuses fonctions (oxygénées, hydroxyles...) qui peuvent interagir par liaisons hydrogène avec les groupes complémentaires des molécules adsorbées, bien qu'il y ait une forte compétition avec les molécules d'eau pour ces sites d'adsorption [46].

III.4.3. Adsorption par les forces de Van der Waals :

Les forces de Van der Waals sont des attractions dipolaires de faible intensité qui agissent à courte distance. Leur action s'ajoute à d'autres types d'interactions plus fortes.

Dans le cas de molécules non-ioniques et apolaires, leur participation à la rétention n'est pas négligeable. Si la molécule est assez volumineuse et qu'elle peut s'adapter à la surface de l'adsorbant, ces forces sont alors additives et leur rôle peut devenir important [46].

III.4.4. Rétention hydrophobe :

Ce type de mécanisme concerne en particulier les composés non-ioniques et apolaires. Deux approches peuvent être distinguées :

- Certains auteurs proposent un mécanisme d'adsorption hydrophobe indépendant du pH [47]. Les molécules des produits phytosanitaires apolaires interagissent avec les sites hydrophobes du support comme les chaînes aliphatiques, les fractions lipidiques, les dérivés de la lignine (riches en carbone avec peu de groupes fonctionnels). Ces sites sont relativement accessibles car il n'y a quasiment aucune compétition avec les molécules d'eau.
- D'autres auteurs préfèrent ne pas parler d'adsorption mais plutôt d'une partition. Ils assimilent la surface de l'adsorbant à un solvant liquide non-miscible à l'eau [48].

III.5. Cinétique d'adsorption :

La connaissance des paramètres de l'équilibre d'adsorption permet de déduire la capacité d'adsorption d'un support. La détermination du paramètre cinétique doit en plus être réalisée pour la prévision de l'allure des courbes. Le transfert d'un adsorbât de la phase liquide vers un site d'adsorption, représenté par la figure(III.1), fait intervenir les étapes suivantes [49]:

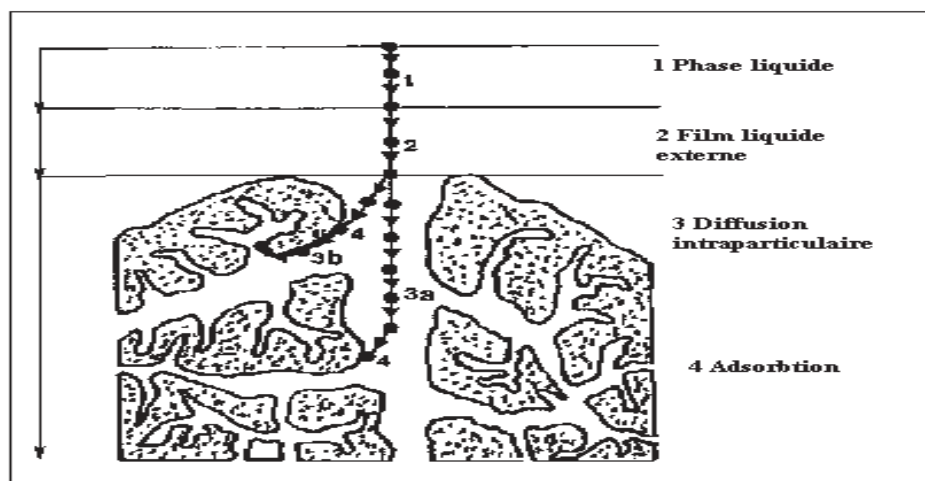


Figure III.1: Représentation schématique du phénomène d'adsorption sur charbon actif.

Avant son adsorption, le soluté va passer par plusieurs étapes :

1. Diffusion de l'adsorbât de la phase liquide externe vers celle située au voisinage de la surface de l'adsorbant.
2. Diffusion extragranulaire de la matière (transfert du soluté à travers le film liquide

vers la surface des grains).

3. Transfert intragranulaire de la matière (transfert de la matière dans la structure poreuse de la surface extérieure des graines vers les sites actifs).

4. Réaction d'adsorption au contact des sites actifs, une fois adsorbée, la molécule est considérée comme immobile [44].

III.6. Facteurs influençant l'adsorption :

III.6.1. Température :

L'adsorption physique s'effectue à des 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 [50].

III.6.2. pH :

Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption du fait qu'il peut influencer à la fois la structure de l'adsorbant et de l'adsorbât ainsi que le mécanisme d'adsorption. Ce facteur dépend de l'origine des eaux à traiter et du procédé de leurs traitements (coagulation, floculation, oxydation...). Donc, il est judicieux de connaître l'efficacité de l'adsorption à différents pH [50].

III.6.3. 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 du coût élevé des adsorbants, le choix d'un rapport liquide-solide optimal est recommandé [50].

III.6.4. Solubilité de l'adsorbat :

La solubilité d'un adsorbat joue un rôle important lors de son adsorption. Plus la solubilité est grande, plus faible sera l'adsorption. Ils n'ont constaté que les capacités d'adsorption suivent l'ordre inverse des solubilités [50].

III.6.5. Structure moléculaire de l'adsorbat :

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 [50].

III.6.6. Masse moléculaire de l'adsorbat :

Les particules dont la masse moléculaire est faible sont légères et se déplacent plus rapidement que celles dont la masse moléculaire est élevée, donc leur chance d'être adsorbées est beaucoup plus grande [50].

III.7. Isothermes d'adsorption :

Tous les systèmes adsorbant/adsorbât ne se comportent pas de la même manière. Les phénomènes d'adsorption sont souvent affectés par leur comportement isotherme. Les courbes isothermes décrivent la relation existante à l'équilibre d'adsorption entre la quantité adsorbée et la concentration en solution dans un solvant donné à une température constante [51].

III.7.1. Classification des isothermes d'adsorption :

La figure(III.2) présente les cinq types d'isothermes que distingue la classification de l'IUPAC dans le cas de l'adsorption en phase gazeuse. Ces types d'isothermes se rencontrent aussi dans le cas de l'adsorption en phase aqueuse [52].

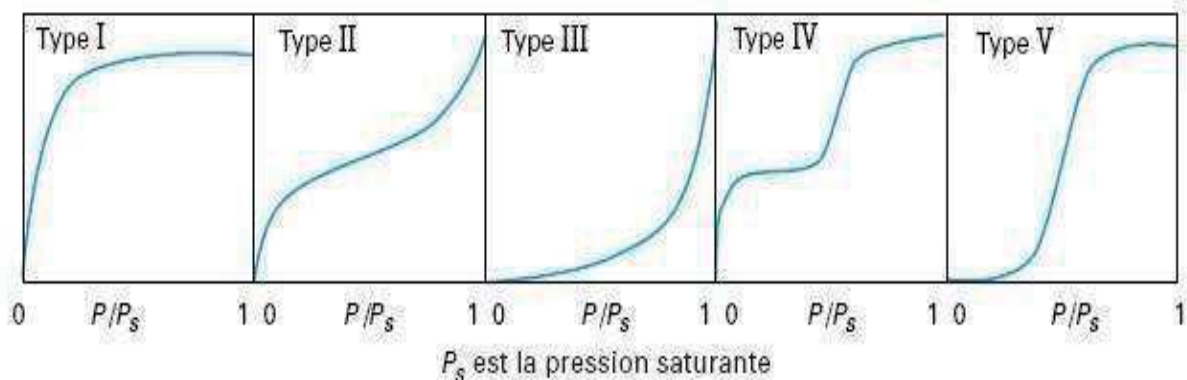


Figure III.2: Types d'isothermes d'équilibre d'adsorption.

- **Isotherme d'équilibre d'adsorption de type I :**

Une isotherme de type I est caractéristique d'un adsorbant dont le volume microporeux est particulièrement élevé. La saturation des sites d'adsorption se fait progressivement dès les faibles concentrations et la forme de l'isotherme est caractérisée par un long plateau indiquant une faible formation de multicouches. Cette forme est à rapprocher du modèle mathématique de Langmuir qui sera abordé plus tard et dans lequel les sites d'adsorption sont considérés équivalents.

- **Isothermes d'équilibre d'adsorption de types II et III :**

Les isothermes de types II et III sont observées dans le cas d'adsorbants ayant un volume macroporeux important. L'adsorption se fait d'abord en monocouche puis en multicouche jusqu'à condensation capillaire ce qui traduit l'existence d'interactions intermoléculaires fortes comparées aux interactions entre les molécules et le solide.

Dans le cas de l'adsorption en phase liquide, la majorité des isothermes rencontrées sont de type I ou II.

- **Isotherme d'équilibre d'adsorption de type IV :**

Les isothermes de type IV sont associées aux adsorbants plutôt mésoporeux. La présence de deux paliers peut résulter de la formation de deux couches successives d'adsorbant à la surface du solide. Quand les interactions entre les molécules et la surface sont plus fortes que celles des molécules entre elles, les sites d'adsorption de la seconde couche ne commencent à être occupés que lorsque la première couche est totalement saturée.

- **Isotherme d'équilibre d'adsorption de type V :**

Les isothermes de type V sont caractéristiques d'adsorbants microporeux avec formation de multicouches dès les faibles concentrations. Comme pour l'isotherme de type III, ce comportement est représentatif d'interactions plus fortes entre les molécules qu'entre molécules et adsorbant.

III.8. Les adsorbants :

Il existe un nombre relativement important de matériaux adsorbants pouvant être utilisés dans des procédés d'adsorption liquide/solide. Chaque type d'adsorbant, conventionnel ou non-conventionnel, possède des avantages et des inconvénients.

Le problème qui se pose est celui du choix du matériau en fonction du type de solution à épurer.

En général, le choix d'un matériau se fait exclusivement en fonction de sa capacité à dépolluer la solution, autrement dit de son efficacité (fort pouvoir de rétention). Néanmoins, Gadd et Crini ont montré que d'autres critères doivent être pris en compte. En effet, pour être utilisé comme adsorbant, un matériau solide devrait posséder le maximum de caractéristiques suivantes [54]:

a. Etre bon marché et facilement disponible.

b. Posséder des caractéristiques texturales particulières en termes de granulométrie, de porosité et de surface spécifique.

c. Etre modulable (versatile) en fonction des utilisations potentielles tout en étant stable d'un point de vue chimique, thermique et/ou mécanique.

d. Présenter de fortes capacités d'adsorption vis-à-vis d'une large gamme de polluants tout en ayant des cinétiques d'adsorption rapides.

e. Présenter des sélectivités importantes.

f. Être efficace tout en étant indépendant des conditions physico-chimiques de la solution (concentration, pH, force ionique, température, présence éventuelle de compétiteurs ou d'inhibiteurs...).

g. Être facilement régénérable si besoin.

Il n'existe pas de matériau « idéal » capable de répondre parfaitement à toutes ses caractéristiques. De plus, si on se place uniquement d'un point de vue des propriétés de décontamination d'un matériau donné, les performances peuvent fortement varier d'un matériau à un autre.

III.8.1. Les différents types d'adsorption :

III.8.1.1 Les silices :

Des adsorbants synthétiques très hydrophiles à porosité contrôlable et de surface spécifique entre 300 et 800 m² g⁻¹. Les silices sont utilisées pour complexer les hydrocarbures dont les halogénés, et les colorants [54].

III.8.1.2. Les zéolites :

Elles sont constituées d'un squelette cristallin alumino-silicaté et se présentent sous la forme de poudre, granulés ou extrudés. On les appelle également tamis moléculaires du fait de leur porosité à dispersion nulle et dont le diamètre est de l'ordre de dimensions des molécules. Ces adsorbants sont hydrophiles ou hydrophobes selon les besoins et moins sensibles à la chaleur que les charbons. Ils ont un coût relativement plus intéressant que les charbons et présentent également une excellente sélectivité mais des capacités d'adsorption limitées en raison notamment de surfaces spécifiques plus faibles que les charbons (~900 m² g⁻¹). Les zéolites possèdent d'excellentes propriétés de complexation des composés soufrés et des molécules de colorants [54].

III.8.1.3. Argiles :

L'intérêt accordé ces dernières années à l'étude des argiles par de nombreux laboratoires dans le monde se justifie par leur abondance dans la nature, l'importance des surfaces qu'elles développent, la présence des charges électriques sur cette surface et surtout l'échangeabilité des cations interfoliaires. Ces derniers, appelés aussi cations compensateurs, sont les principaux éléments responsables de l'hydratation, du gonflement, de la plasticité et de la thixotropie. Ils confèrent ainsi aux argiles des propriétés hydrophiles [43].

III.8.1.4. Charbon actif :

Les charbons actifs sont, de loin, les adsorbants les plus fabriqués et les plus utilisés industriellement. Ils sont préparés à partir de matériaux carbonés de nature minérale ou organique, carbonisés et activés [55].

a- Origine :

D'origine organique ou minérale [56]. Il provient de diverses matières animales et végétales (coque de noix de coco, tourbe, houille...), les charbons actifs issus de ces derniers produits sont les plus souvent employés pour le traitement de l'eau naturelle ou résiduaire. Pour des recherches spécifiques, on peut avoir recours à des produits carbonisables comme le sucre qui donne du charbon actif chimiquement pur.

b- Propriété physiques du charbon actif :

La distribution poreuse ou porosité est liée à la répartition de la taille des pores. Ces pores sont caractérisés par leur volume poreux (cm^3/g), leur rayon (Å) et leur surface (cm^2).

c- Utilisation du charbon actif :

L'utilisation du charbon actif est répartie en différents domaines comme :

- Traitement des eaux potables et résiduaires.
- Purification de produits industriels.

Le charbon actif élimine les couleurs et les impuretés de produits bruts, il est employé par exemple pour la décoloration du sucre de canne ou de betterave.

- Le charbon actif est employé dans l'équipement d'air conditionné ainsi que pour l'élimination des odeurs d'égouts et d'émanations chimiques.
- Les filtres à charbon actif contenus dans certaines voitures, fixent les émanations d'hydrocarbures imbrûlés qui s'échappent des véhicules à l'arrêt.
- Ces dernières années, l'utilisation du charbon actif s'est élargie au traitement des eaux. Usées en raison non seulement de ses qualités d'adsorbant mais aussi du rôle épurateur joué par les bactéries qui y sont fixées.

d- Types des charbons actifs :

A. Charbon actif en poudre (CAP) :

Le charbon actif en poudre ou CAP prend la forme de grains de taille comprise entre 10 et 50 μm et il est généralement utilisé en combinaison avec un traitement clarificateur. Le CAP est ajouté continuellement avec l'eau à traiter avec des agents flocculant.

Il est recommandé d'utiliser des clarificateurs pour augmenter le temps de contact entre le charbon et l'eau.



Figure III.4: Charbon actif en poudre.

B. Charbon actif en grain (CAG) :

L'utilisation du charbon actif en grain à l'échelle industrielle est plus fréquente que celle du charbon actif en poudre, malgré la bonne performance de ce dernier du point de vue cinétique d'adsorption. Il est utilisé pour l'élimination d'une partie des micropolluants qui résistent aux traitements physico-chimiques classiques.

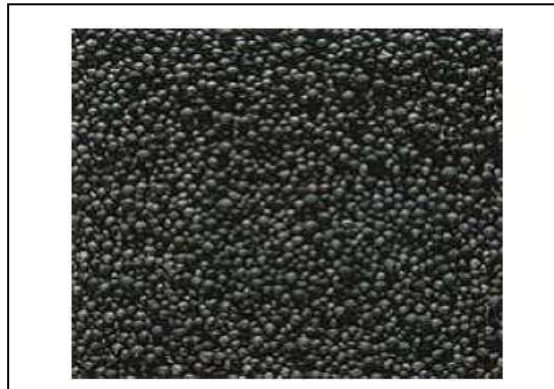


Figure III.5: Charbon actif en grain.

C. Charbon actif en extrudé :

Le charbon extrudé est de forme cylindrique avec diamètres allant de 0.8 mm à 5mm. 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 poussières.



Figure III.6: Charbon actif en extrudé.

Chapitre IV :

Matériels et méthodes

IV.1. Choix des matériaux adsorbants :

Les adsorbants microporeux sont abondamment utilisés dans l'extraction d'espèces chimique en phase aqueuse ou en phase gazeuse à cause de leur excellente capacité d'adsorption, capacité liée à leur grande surface spécifique et au développement de leur porosité.

Nous avons étudiés dans notre projet l'adsorption de bleu de bromothymol sur deux types différents d'adsorbants afin de les comparait. Nous avons choisit le charbon actif commercial granulé(CAG) et le charbon actif poudre à base des noyaux de dattes(CAP).

Dans la suite nous allons expliquer la préparation de charbon actif poudre à base des noyaux de datte [57].

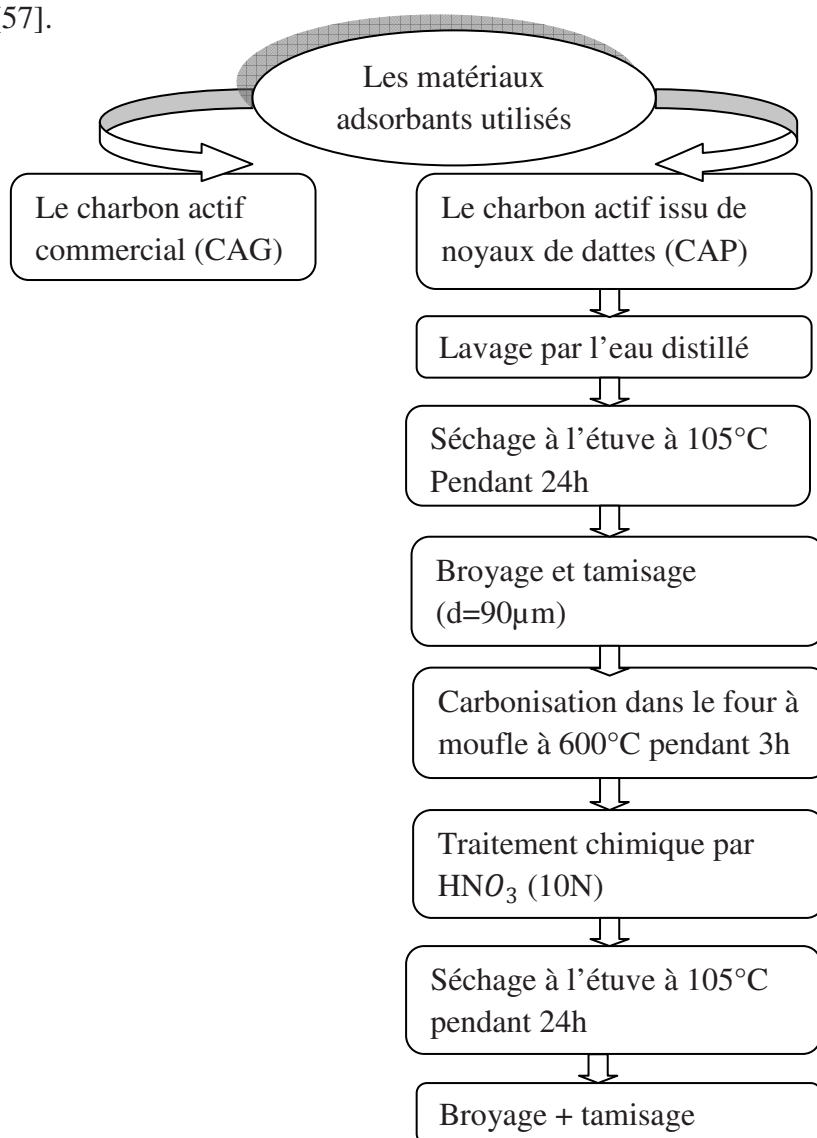


Figure IV.1: Organigramme descriptif des différentes étapes de préparation des adsorbants étudiés.

IV.2. Choix des molécules organiques étudiées :

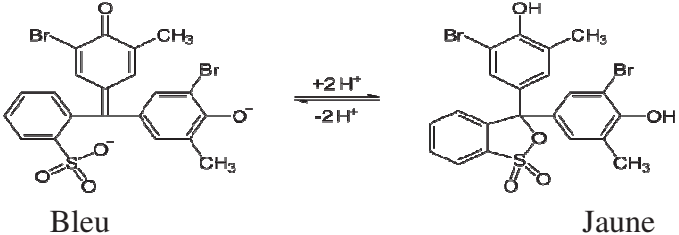
Le bleu de bromothymol (ou BBT ou dibromothymol sulfonephthaléine) est un colorant de la famille des sulfone phthaléines souvent utilisé comme indicateur coloré de pH. En effet, il possède des propriétés halochromiques [58].

IV.2.1. Structure bleu bromothymol (BBT) :

Le bleu de bromothymol est un indicateur coloré, il s'agit d'un couple acide/base dont la couleur de la forme acide est différente de la forme basique. En milieu acide, pour un $\text{pH} < 6$, le bleu de bromothymol est présent sous la forme acide de couleur jaune. En milieu basique, pour un $\text{pH} > 7.6$, le bleu de bromothymol est présent sous sa forme basique de couleur bleu. Dans la zone de virage, pour un pH compris entre 6 et 7,6 en milieu neutre, le bleu de bromothymol est de couleur verte [59].

IV.2.2. Propriété chimique et physique de bleu de bromothymol :

A. Propriété chimique :

<p>Formule : $\text{C}_{27}\text{H}_{28}\text{Br}_2\text{O}_5\text{S}$</p>	 <p>Bleu $\text{pH} > 8$</p> <p>Jaune $1 < \text{pH} < 6$</p>
<p>Masse molaire</p>	<p>624,381g /mol</p>
<p>pka</p>	<p>7,1</p>
<p>λ_{max}:(nm)</p>	<p>$1 < \text{pH} < 6$ $\lambda_{\text{max}} = 432$</p> <p>$\text{pH} > 8$ $\lambda_{\text{max}} = 616$</p>

B. Propriété physique :

T° fusion	204°C
Solubilité	10g/l dans l'eau à 19,85°C Très soluble dans l'éthanol à 19,85°C
Masse volumique	1,25 g.cm ⁻³ (liquide)

IV.2.3. L'utilisation de bleu de bromothymol :

Les propriétés halochromiques du bleu de bromothymol sont utilisées pour suivre les changements de pH durant les dosages acido-basiques. Sa zone de virage comprenant le pH neutre, ce sont les dosages entre acides et bases fortes qui nécessitent un indicateur tel que le BBT, le point équivalent se situant à un pH de 7.

En général, la zone de virage particulière du BBT permet d'indiquer rapidement si une solution est acide ou basique. Ce composé permet de détecter la présence de dioxyde de carbone, qui est un acide (acide carbonique H₂CO₃ ou H₂O, CO₂), par changement de couleur de bleu à jaune des cristaux. Le bleu de bromothymol est par ailleurs aussi utilisé comme pigment pour la teinture [60].

IV.3. Méthode d'analyse :

Les méthodes d'analyses utilisées ont permis de suivre les cinétiques de disparition du substrat étudié.

IV.3.1. Spectrophotométrie d'adsorption UV- visible :

Les analyses sont effectuées sur un spectrophotomètre UV-visible double faisceaux modèle 1700 qui mesure directement les densités optiques. Les longueurs d'onde maximales sont par balayage automatique entre 190 et 1100 nm. Des cuves en quartz de 1cm d'épaisseur sont utilisées. En prenant comme référence l'eau distillée.

IV.3.2. pH-mètre :

Les mesures de pH sont effectuées avec un pH-mètre Inolab WTW 730. L'étalonnage de l'appareil a été réalisé avec des tampons commerciaux IUPAC à pH 4,7 et 10.

IV.4. Etalonnage des solutions :

Pour le produit étudiés, nous avons utilisé une méthode qui consiste à préparer d'abord une solution mère de concentration donnée (110 $\mu\text{mol/l}$). À partir de cette solution nous préparons par dilutions successives une série de solution de concentration bien déterminées variant de (10, 40, 60,80 à 110 $\mu\text{mol/l}$).

Ces solutions sont analyses par spectroscopie UV-visible. Nous établissons alors la droite d'étalonnage représentant l'absorbance à une longueur d'onde ($\lambda= 434\text{nm}$ pour $\text{pH}=4,2$ et $\lambda=616$ pour $\text{pH}=8$) en fonction de la concentration C (en $\mu\text{mol/l}$) et qui obéit à la relation de Beer-Lambert (équation 1). Les figure (IV.2) et (IV.3) représente les courbes d'étalonnage de bleu de bromothymol dans les deux pH .

$$A = -\log(T) = \varepsilon_{\lambda} \cdot I \cdot C$$

Ou :

A_{λ} : Absorbance du milieu à la longueur d'onde λ .

ε_{λ} : Coefficient spécifique d'absorbance molaire ($\text{l}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$).

C : concentration molaire des molécules qui absorbent à la longueur d'onde λ (mol/l).

I : trajet optique de la cellule (cm).

I_0 : Trajet optique de la source lumineuse (cm).

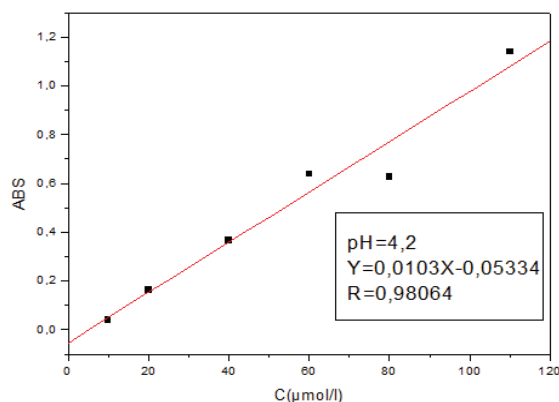


Figure IV.2: Courbe d'étalonnage de BBT à $\text{pH}=4,2$.

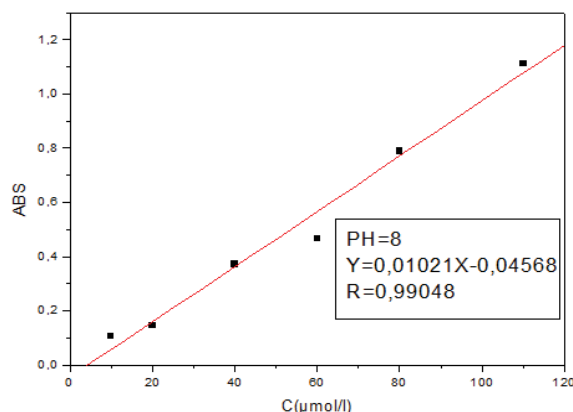


Figure IV.3: Courbe d'étalonnage de BBT à pH=8.

IV.5. Protocole expérimentaux :

IV.5.1. Cinétique d'adsorption :

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

Le protocole à ajouter une masse d'adsorbant 200mg (le charbon actif granulée ou poudre) à un volume de 50ml de la solution coloré de concentration initiale (30, 80,110 µmol/l), à deux pH différent acide 4,2 et basique 8, le mélange et introduit dans des flacons de 100ml .ces derniers sont mis dans un bain thermostat à une température 25°C et sous une agitation moyenne. Les échantillons ont été prélevés à intervalle de temps bien définis de 5min à 48h, filtrés plusieurs fois puis analysés par UV-visible. Les différentes résultats obtenus sont représentés sur les courbes $q_e = f(t)$.

IV.5.2. Les isothermes d'adsorption :

On peut décrire un processus d'adsorption à l'aide d'un isotherme d'adsorption, un tel isotherme est une courbe qui représente la réaction entre la quantité d'impureté restée en solution. On obtient ces isothermes en deux milieux différents acides 4,2 et basique 8.

Pour les expériences des isothermes d'adsorption, différents concentrations allant de 30 à 110 µmol/l et une quantité d'adsorbant m exprimée en mg ont été préparées dans 50 ml de solution et à un pH fixe. Ils sont ensuite placés dans un bain thermostat sous une agitation moyenne à une température constante de 25°C pendant 24h. Après filtration, les solutions sont analysées par UV-visible.

IV.5.3. Calcul des quantités adsorbées :

On calcule la quantité de BBT adsorbée qui est exprimée en μmol de soluté par g de solide adsorbant, en utilisant l'équation suivante :

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

Les taux de rétention sont calculés par :

$$R\% = (C_0 - C_e) \cdot 100 / C_0$$

Ou :

C_0 : concentration initiale de soluté ($\mu\text{mol/l}$).

C_e : concentration de soluté à l'équilibre ($\mu\text{mol/g}$).

q_e : quantité de soluté adsorbé à l'équilibre par unité de poids de l'adsorbant ($\mu\text{mol/g}$).

m : masse d'adsorbant (g).

V : volume de la solution (l).

IV.5.3. Modélisation de l'adsorption :

IV.5.3.1. Isotherme de Langmuir :

C'est le modèle le plus utilisé pour commenter les résultats trouvés aux cours de l'adsorption des composés organique en solution aqueuse.

A une température constante, q_e est liée à la capacité maximale q_m d'adsorption, à la concentration d'équilibre C_e du soluté et à la constante d'affinité b par l'équation :

$$\frac{q_e}{q_m} = \frac{bC_e}{1 + bC_e}$$

La transformée linéaire de ce modèle à pour équation :

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{b \times q_m C_e}$$

En portant $1/q_e$ en fonction de $1/C_e$ on obtient une droite de pente $1/b \cdot q_m$ et d'ordonnée à l'origine $1/q_m$, cela permet la détermination des deux paramètres d'équilibre de l'équation q_m et b .

Parmi les caractéristiques de l'isotherme de Langmuir, on peut citer sa simplicité et le fait que les paramètres q_m et b qu'il permet d'évaluer, ont un sens physique. La valeur de b 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 fixée par gramme de solide dont la surface est considérée comme totalement recouverte par une couche monomoléculaire. Cette simplicité est une conséquence des hypothèses restrictives qui permettent d'établir ce modèle [61] l'équivalence de tous les sites d'adsorption et la non-dépendance de l'énergie d'adsorption avec le taux de couverture de la surface. Ceci se traduit par l'absence des interactions entre des espèces adsorbées et adjacents sur la surface.

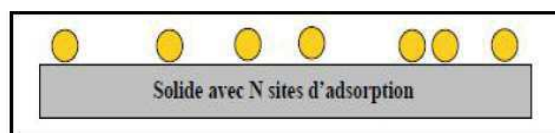


Figure IV.4: Modèle d'adsorption en monocouche.

IV.5.3.2. Isotherme de Freundlich :

C'est une équation empirique largement utilisée pour la représentation pratique de l'équilibre d'adsorption sous l'équation suivante :

$$q_e = K_f \cdot C_e^{1/n}$$

Où k_f est la constante de Freundlich, et $1/n$ est le facteur d'hétérogénéité [62]. Si $(1/n)$ est égal à l'unité l'adsorption est linéaire. Ceci signifie que les emplacements d'adsorption sont homogènes (comme dans le modèle de Langmuir) de point de vue énergie et aucune interaction n'a lieu entre l'adsorbat et l'adsorbant.

Si la valeur de $1/n$ est plus petite que 1, l'adsorption est favorable. La capacité d'adsorption augmente dans ce cas, de nouveaux emplacements d'adsorption se produisent.

Quand la valeur de $1/n$ est plus grande que 1, le lien d'adsorption devient faible; l'adsorption est défavorable en raison des diminutions de capacité d'adsorption [63].

La transformée linéaire de cette équation :

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e$$

En traçant $\ln q_e$ en fonction de $\ln C_e$, on obtient une droite de pente $1/n$ et d'ordonnée à l'origine $\ln k_f$.

Chapitre V :

Résultats et discussion

V.1. Cinétique d'adsorption :

Les différents résultats qui représentent les cinétiques d'adsorption de BBT étudiés sur les deux charbons, tracés sous forme de courbe $q_e=f(t)$ montrent que l'équilibre est atteint au bout de 3 à 6 heures de contact.

L'allure de ces courbes permet de mettre en évidence deux zones [64] :

- La première partie de la courbe révèle une adsorption rapide.
- La deuxième partie se présente sous forme d'un plateau à cause de l'occupation de tous les sites actifs.

V.1.1. Adsorption de BBT sur CAG :

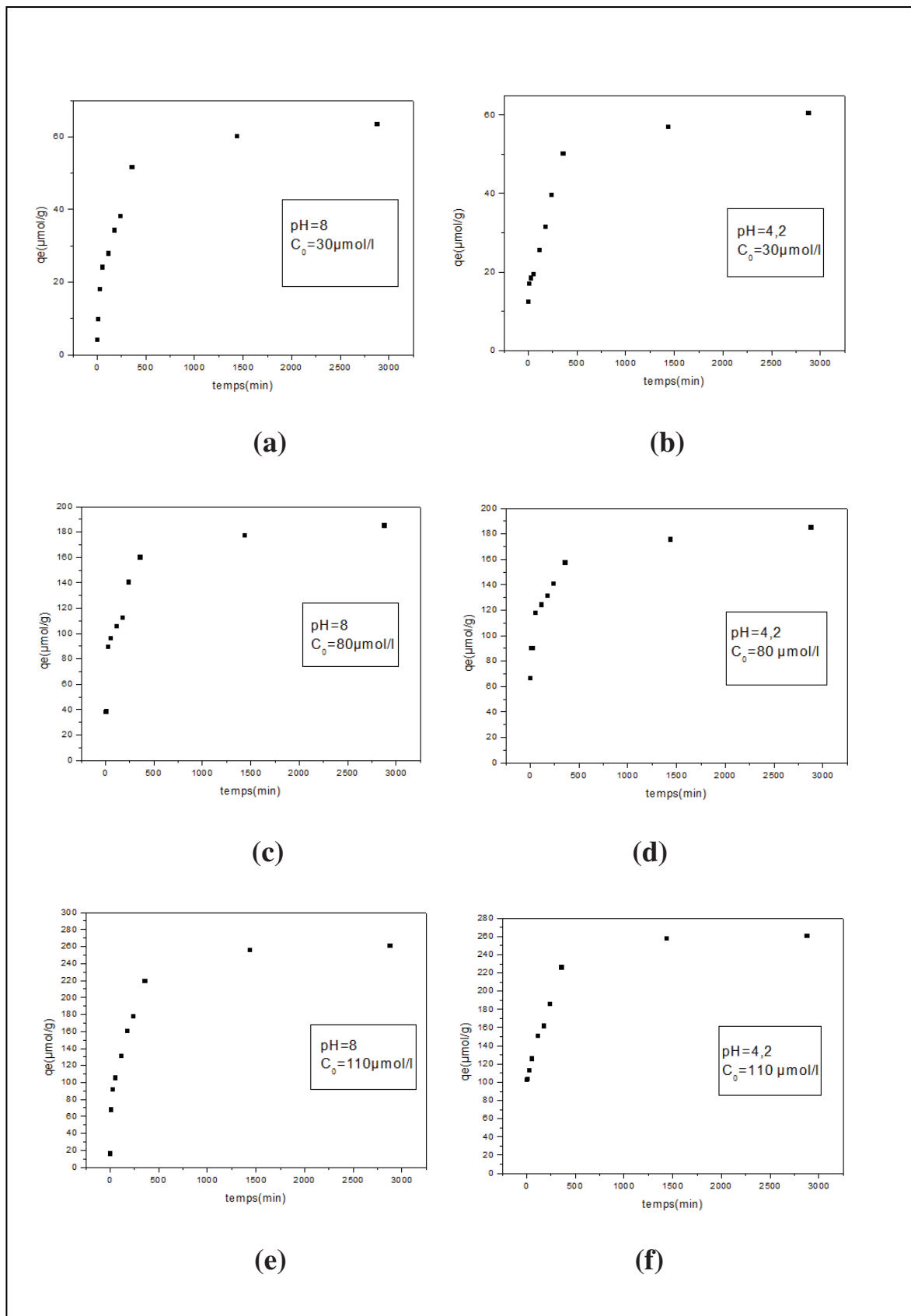


Figure V.1: la cinétique d'adsorption de BBT sur CAG (a: $pH=8$ $C_0=30\mu\text{mol/l}$; b: $pH=4,2$ $C_0=30\mu\text{mol/l}$; c: $pH=8$ $C_0=80\mu\text{mol/l}$; d: $pH=4,2$ $C_0=80\mu\text{mol/l}$; e: $pH=8$ $C_0=110\mu\text{mol/l}$; f: $pH=4,2$ $C_0=110\mu\text{mol/l}$).

Les résultats obtenus par ces courbes sont représenté sur le tableau V.1 :

Tableau V.1: temps d'équilibre d'adsorption, les quantités maximales adsorbées et leur taux de rétention pour BBT sur CAG.

pH	Concentration initial ($\mu\text{mol/l}$)	Quantité maximale adsorbé ($\mu\text{mol/g}$)	Temps d'équilibre (h)	Taux de rétention(%)
pH=4,2	30	50,17	6	66,9
	80	157,2	6	78,6
	110	225,9	6	82,14
pH=8	30	51,57	6	68,76
	80	140,35	4	70,17
	110	219	6	79,64

- Pour $C_0=30 \mu\text{mol/l}$, la quantité maximale adsorbée est de $50,17 \mu\text{mol/g}$ équivalent à $66,9\%$ au bout de 6h et ceci à $\text{pH} = 4,2$. A $\text{pH} = 8$ on aura une quantité maximale adsorbée de $51,57 \mu\text{mol/g}$ au bout de 6 h, correspond à un rendement de $68,76\%$.
- Pour $C_0=80\mu\text{mol/l}$ et à $\text{pH} = 4,2$, la quantité maximale adsorbée est de $157,2 \mu\text{mol/g}$ équivalent à $78,6\%$ obtenue au bout de 6h. A $\text{pH} = 8$ on aura une quantité maximale adsorbée de $140,35\mu\text{mol/g}$ au bout de 4h avec un rendement de $70,17\%$.
- Pour $C_0=110 \mu\text{mol/l}$ la quantité maximale adsorbée est de $225,9\mu\text{mol/g}$ équivalent à $82,14\%$ au bout de 6 h à $\text{pH} = 4,2$. A $\text{pH} = 8$ on aura une quantité maximale adsorbée de $219 \mu\text{mol/g}$ obtenue au bout de 6h avec un rendement de $79,64\%$.

V.1.2.Adsorption de BBT sur le CAP :

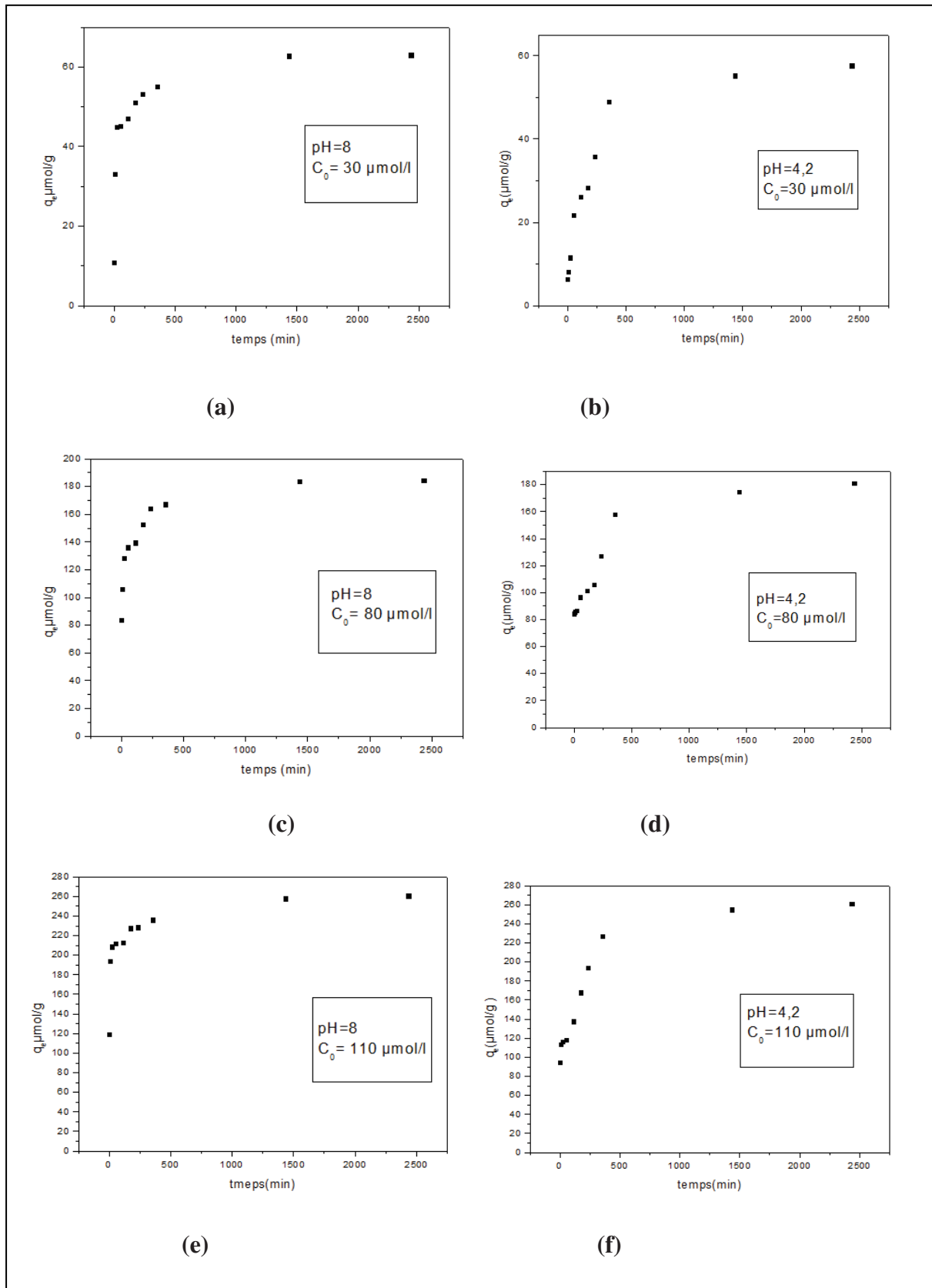


Figure V.2: la cinétique d'adsorption de BBT sur CAP (**a:** pH=8 $C_0=30\mu\text{mol/l}$; **b:** pH=4,2 $C_0=30\mu\text{mol/l}$; **c:** pH=8 $C_0=80\mu\text{mol/l}$; **d:** pH=4,2 $C_0=80\mu\text{mol/l}$; **e:** pH=8 $C_0=110\mu\text{mol/l}$; **f:** pH=4,2 $C_0=110\mu\text{mol/l}$).

Les résultats obtenus par ces courbes sont représenté sur le tableau V.2 :

Tableau V.2: temps nécessaire pour l'établissement de l'équilibre d'adsorption, les quantités maximales adsorbées et leur taux de rétention pour BBT sur CAP.

pH	Concentration initial ($\mu\text{mol/l}$)	Quantité maximale adsorbé ($\mu\text{mol/g}$)	Temps d'équilibre (h)	Taux de rétention(%)
pH=4,2	30	48.72	6	64,96
	80	157,2	6	78,6
	110	226.37	6	82.31
pH=8	30	54,27	6	72.36
	80	152,1	3	76 ,05
	110	226,85	3	82.49

- Pour $C_0=30 \mu\text{mol/l}$, la quantité maximale adsorbée est de $48.72 \mu\text{mol/g}$ équivalent à $64,96\%$ au bout de 6h et ceci à $\text{pH} = 4,2$. A $\text{pH} = 8$ on aura une quantité maximale adsorbée est de $54,27 \mu\text{mol/g}$ au bout 6 h; correspond à un rendement de 72.36% .
- Pour $C_0=80\mu\text{mol/l}$ et à $\text{pH} = 4,2$, la quantité maximale adsorbée est de $157,2 \mu\text{mol/g}$ équivalent à $78,6\%$ obtenue au bout de 6h. A $\text{pH} = 8$ on aura une quantité maximale adsorbée de $152,1 \mu\text{mol/g}$ obtenue au bout de 3h avec un rendement de $76,05\%$.
- Pour $C_0=110 \mu\text{mol/l}$ la quantité maximale adsorbée est de $226.37 \mu\text{mol/g}$ équivalent à 82.31% au bout de 6 h à $\text{pH} = 4,2$. A $\text{pH} = 8$ on aura une quantité maximale adsorbée est de $226,85 \mu\text{mol/g}$ obtenue au bout de 3h avec un rendement de $82,49\%$.

V.2. Effet des paramètres opératoires :

V.2.1. Effet de pH :

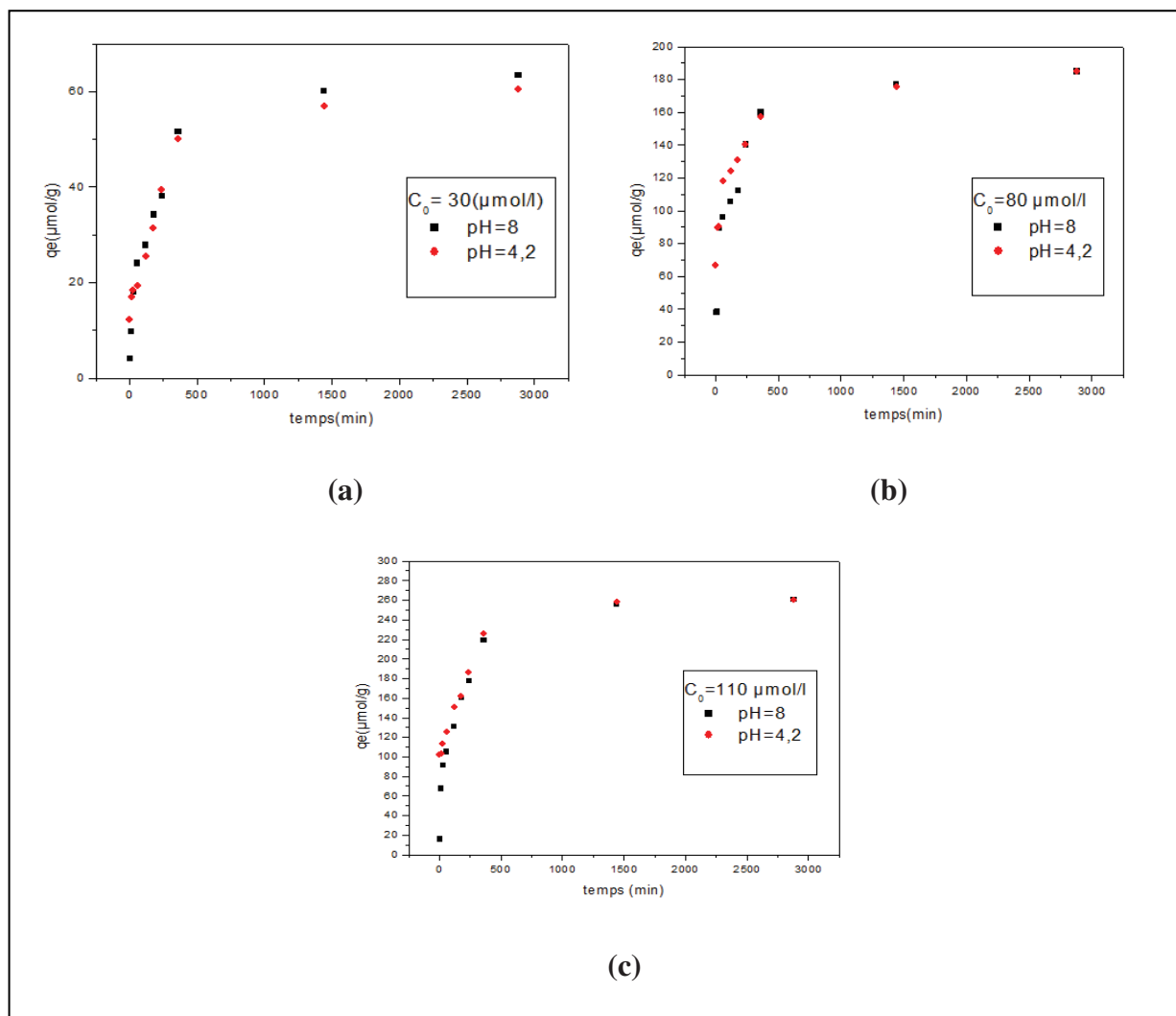


Figure V.3 : la cinétique d'adsorption de BBT sur CAG sous l'effet de pH (a: $C_0=30\mu\text{mol/l}$ pH=8 et pH=4,2 ; b: $C_0=80\mu\text{mol/l}$ pH=8 et pH=4,2 ; c: $C_0=110\mu\text{mol/l}$ pH=8 et pH=4,2)

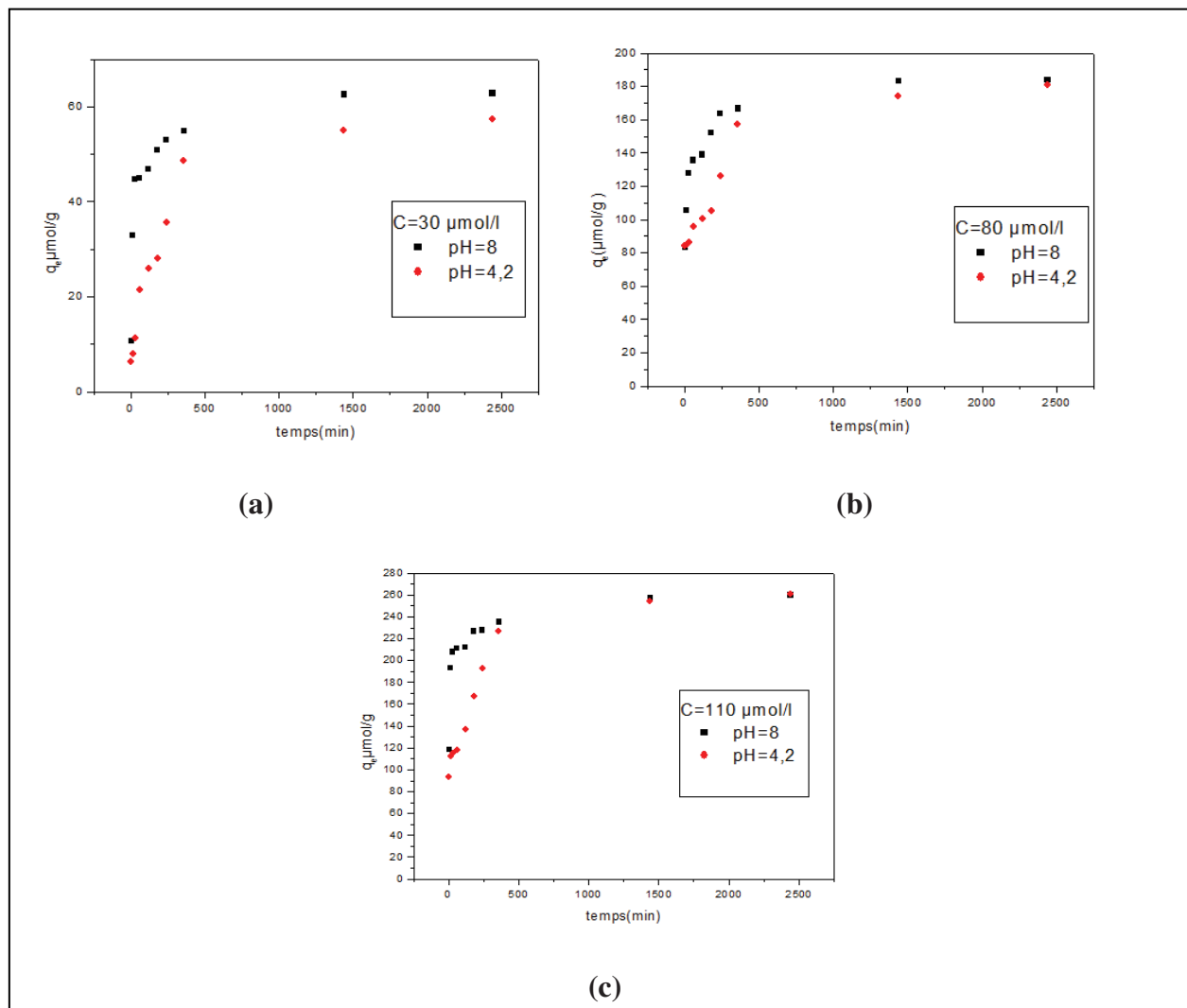


Figure V.4: la cinétique d'adsorption de BBT sur CAP sous l'effet de pH(**a:** $C_0=30\mu\text{mol/l}$ pH=8 et pH=4,2 ; **b:** $C_0=80\mu\text{mol/l}$ pH=8 et pH=4,2 ; **c:** $C_0=110\mu\text{mol/l}$ pH=8 et pH=4,2).

L'allure de courbe (V.3) montrent que l'adsorption de colorant sur le charbon actif granulée commercial augmente lorsque le pH diminue (pH acide =4,2) qui est favorable à une meilleur adsorption ; et que l'adsorption commence plus rapidement dans un milieu acide.

Alors que, la courbe (V.4) montrent que l'adsorption de colorant sur le charbon actif poudre issu de noyaux de datte est la même pour les deux valeur de pH.

V.2. 2. Effet de concentration initiale:

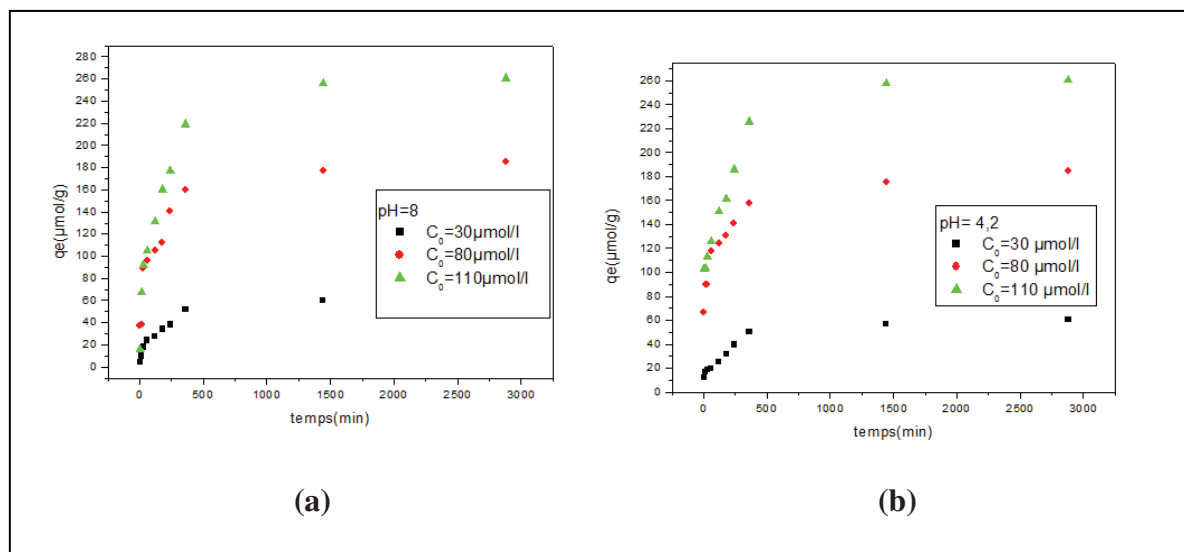


Figure V.5: la cinétique d'adsorption de BBT sur CAG sous l'effet de concentration initiale (a: pH=8 et b: pH=4,2).

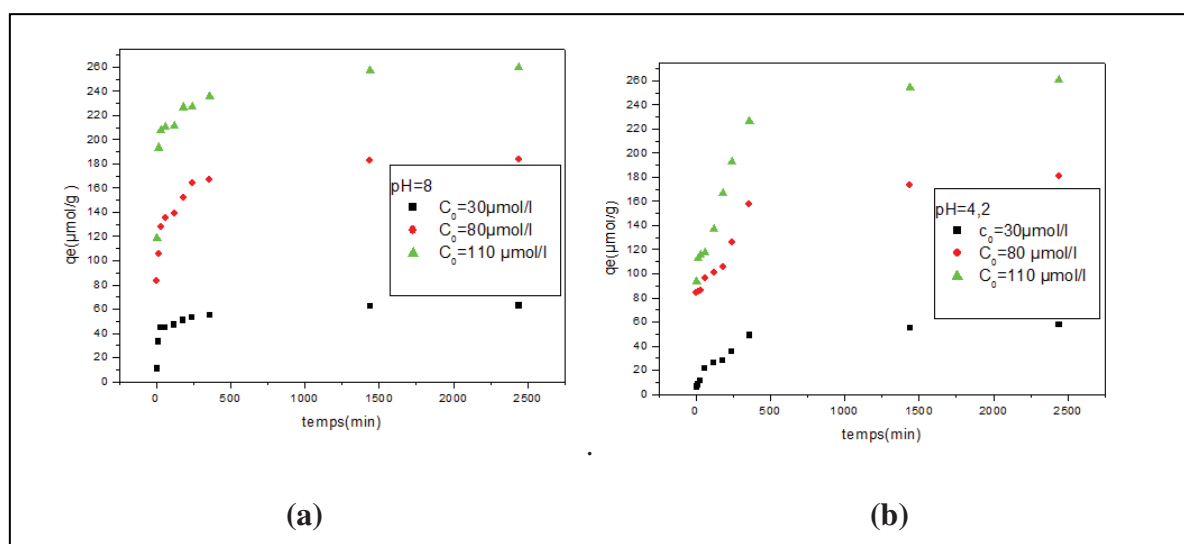


Figure V.6: la cinétique d'adsorption de BBT sur CAG sous l'effet de concentration initiale (a: pH=8 et b: pH=4,2).

Les essais d'adsorption du BBT sur les deux charbons ont été réalisés avec différentes valeurs de concentration initiales de colorant tel que 30, 80 et 110 $\mu\text{mol/l}$.

D'après les résultats donnés par les tableaux (V.1 et V.2) et les figures (V.5 et V.6), nous remarquons que la quantité adsorbée de BBT augmente avec la concentration initiale de la solution colorée.

V.3. Diffusion intraparticulaire :

Des nombreuses références faisant appeller à cette approche cinétique de diffusion intraparticulaire s'appuient généralement sur des travaux de Weber et Morris portant sur l'adsorption de composés aromatique simple sur charbon actif [65]. Ces travaux montrent que la concentration en adsorbat (q_e) est une fonction linéaire de la racine carré du temps de contact ($t^{1/2}$), dont la pente est assimilée à la constante de vitesse (k).

$$q_e = k t^{1/2} + C$$

Ou :

q_e : la quantité de polluant adsorbé au temps t .

k : la constante de diffusion intraparticulaire (mg/g min).

C : constante.

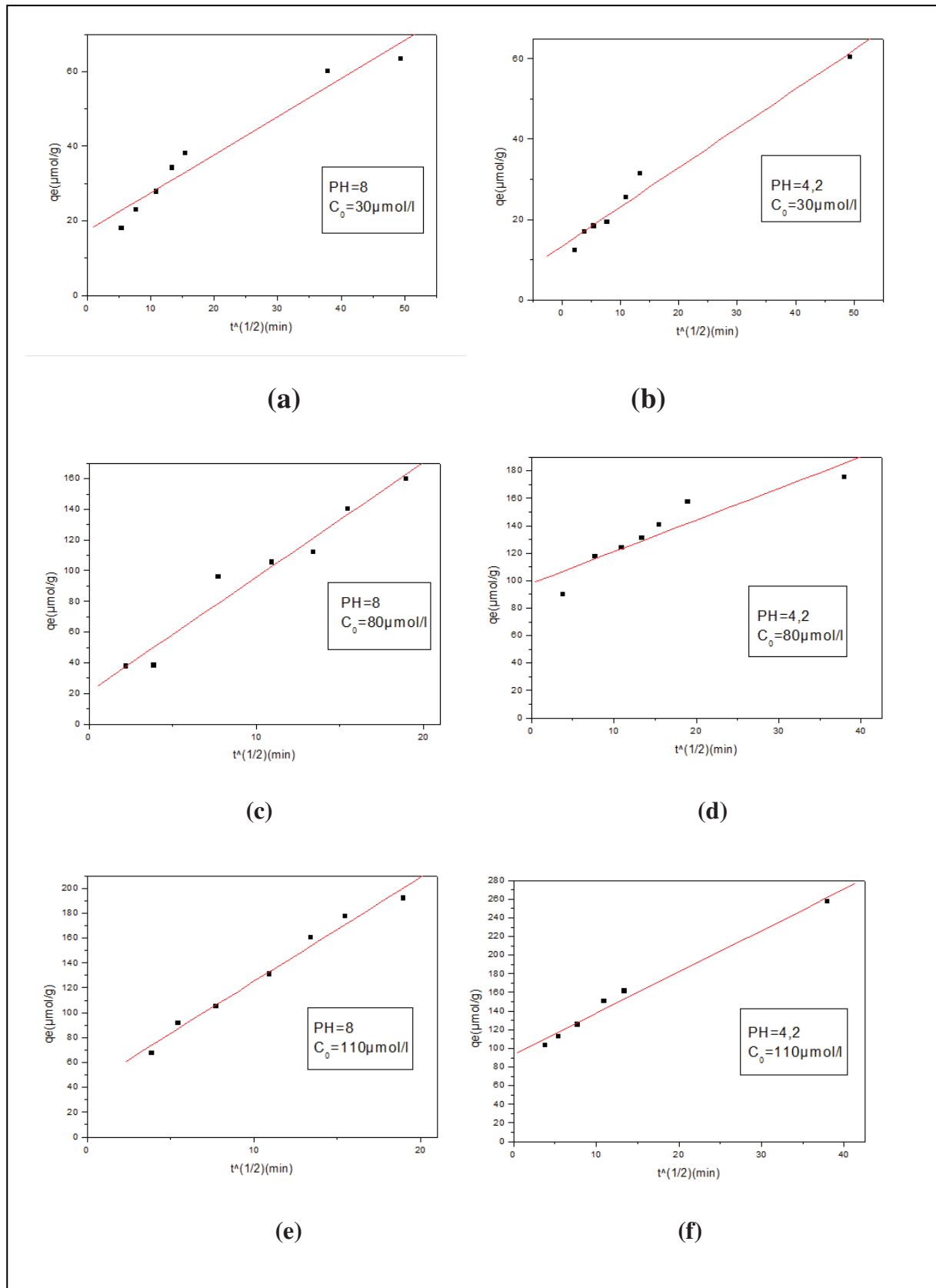


Figure V.7: la quantité de BBT adsorbée sur CAG en fonction de $t^{1/2}$ (a: $\text{pH}=8$ $C_0=30\mu\text{mol/l}$; b: $\text{pH}=4,2$ $C_0=30\mu\text{mol/l}$; c: $\text{pH}=8$ $C_0=80\mu\text{mol/l}$; d: $\text{pH}=4,2$ $C_0=80\mu\text{mol/l}$; e: $\text{pH}=8$ $C_0=110\mu\text{mol/l}$; f: $\text{pH}=4,2$ $C_0=110\mu\text{mol/l}$).

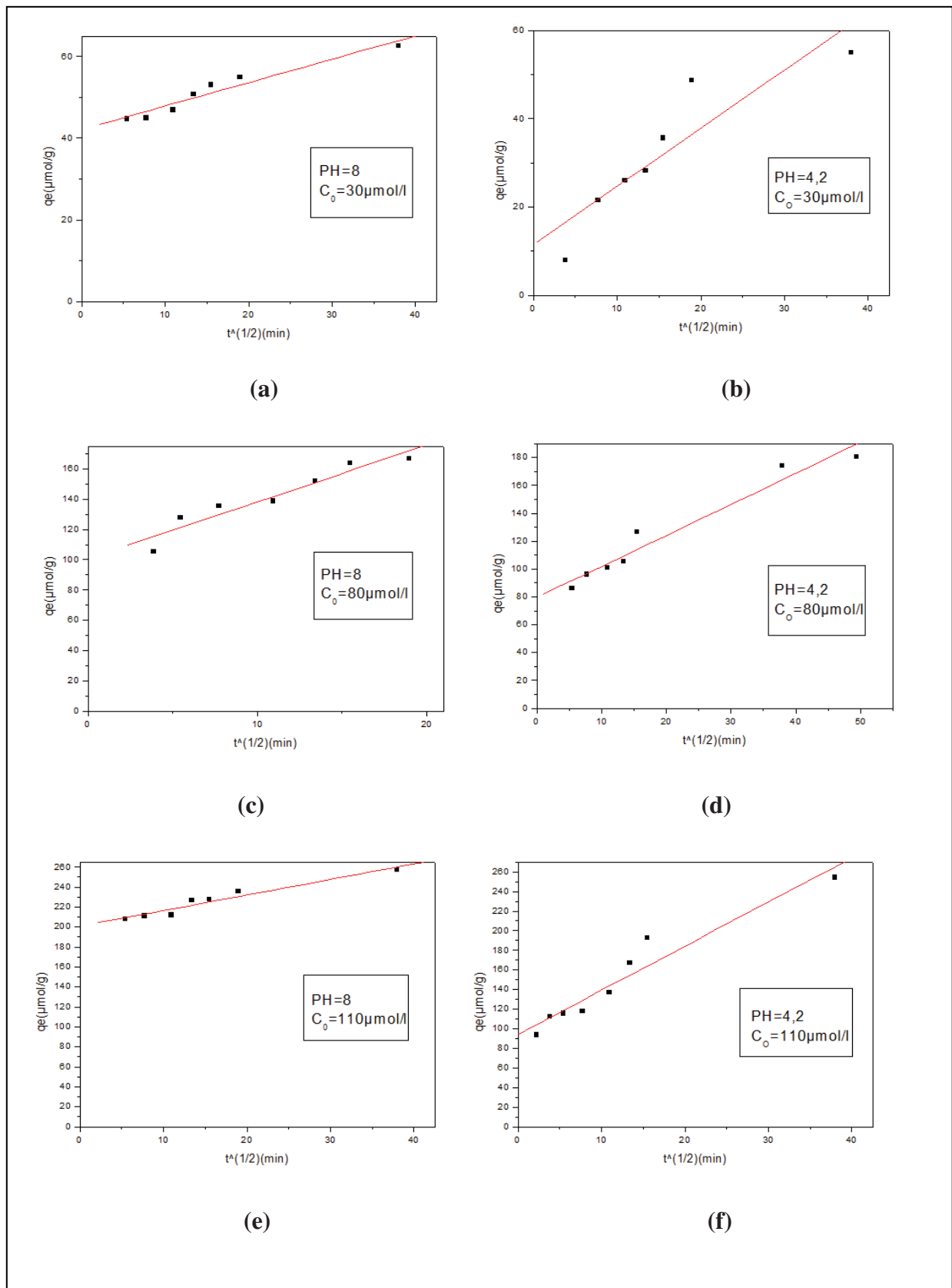


Figure V.8: la quantité de BBT adsorbée sur CAP en fonction de $t^{1/2}$ (a: $\text{pH}=8$ $C_0=30\mu\text{mol/l}$; b: $\text{pH}=4,2$ $C_0=30\mu\text{mol/l}$; c: $\text{pH}=8$ $C_0=80\mu\text{mol/l}$; d: $\text{pH}=4,2$ $C_0=80\mu\text{mol/l}$; e: $\text{pH}=8$ $C_0=110\mu\text{mol/l}$; f: $\text{pH}=4,2$ $C_0=110\mu\text{mol/l}$).

Les résultats de cinétique obtenus, peuvent être utilisés pour déterminer si la diffusion des particules est l'étape limitative de phénomène d'adsorption de BBT par les deux adsorbants utilisés. Si l'allure des courbes de la concentration adsorbée en fonction de $t^{1/2}$ est une droite qui passe par l'origine, on dit que cette étape est l'étape limitative.

Alors que les courbes (V.7 et V.8) sont des droites qui ne passent pas par l'origine, cela explique que la diffusion des particules est impliqué dans le processus d'adsorption mais elle n'est pas limitative et que d'autre mécanismes sont impliqué tel que le transfert intra-granulaire et la réaction d'adsorption au contact des sites actif.

V.4. Isothermes d'adsorption :

Les isothermes d'adsorption jouent un rôle important dans la détermination des capacités maximales d'adsorption et dans la conception de nouveaux adsorbants ; il est donc indispensable dans notre étude de les déterminer pour chacun des deux adsorbants utilisés.

V.4.1. Les isothermes d'équilibres :

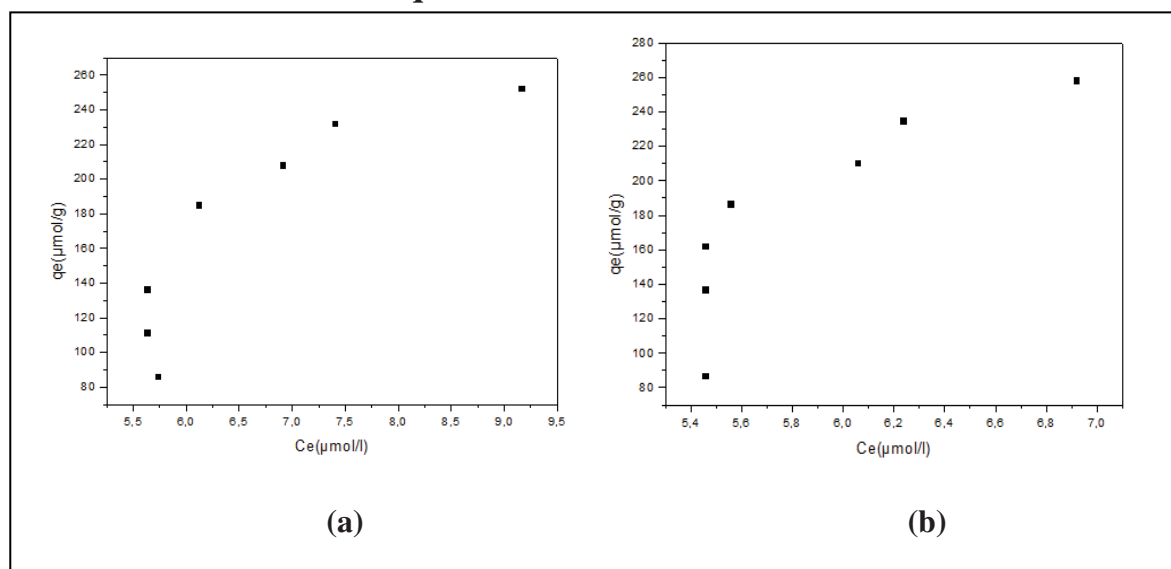


Figure V.9: isothermes d'équilibre d'adsorption de BBT sur CAG (**a:** pH=8 ; **b:** pH=4,2).

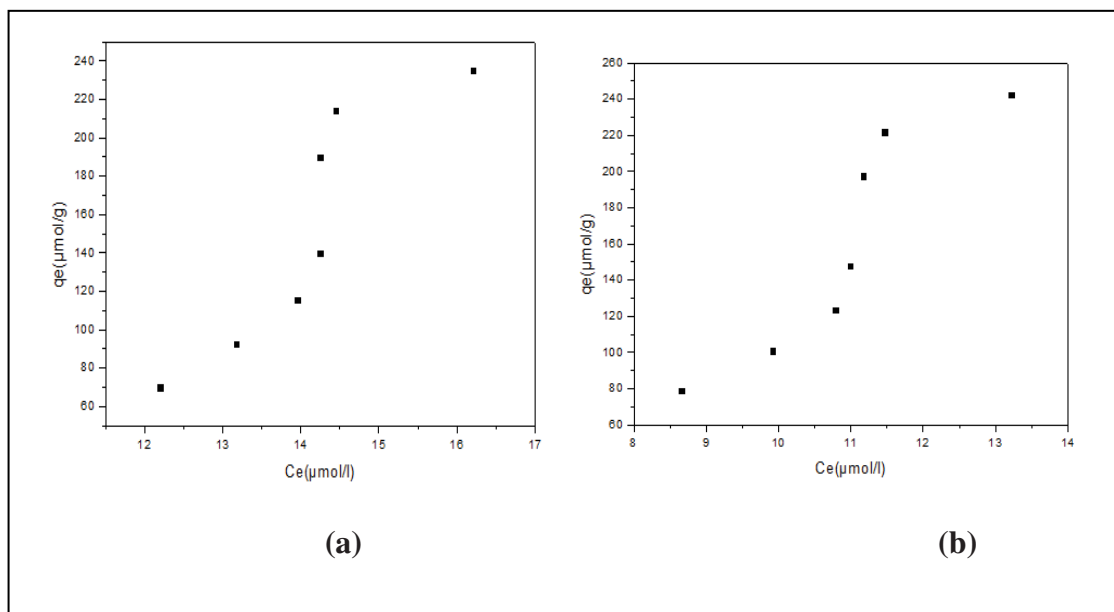


Figure V.10: isothermes d'équilibre d'adsorption de BBT sur CAP (a: pH=8 ; b: pH=4,2).

Les isothermes d'adsorption de BBT sur le charbon actif commercial granulée (CAG) à pH acide et basique sont de type I [66] :

La surface du solide adsorbant est assimilée à un nombre de sites d'adsorption définis. Les sites sont occupés au fur et à mesure par les composés adsorbables présents en solution jusqu'à la formation d'une monocouche de molécules occupant les sites disponibles du matériau adsorbant.

Quand tous les sites d'adsorption du matériau sont occupés, l'augmentation de la concentration d'adsorbat en solution n'augmente pas la quantité adsorbée; la quantité maximale adsorbée est atteinte. Il y a apparition d'un plateau sur la courbe isotherme, indiquant la saturation de l'adsorbant.

Les isothermes d'adsorption de BBT sur le charbon actif issu des noyaux de datte (CAP) à pH acide et basique sont de type II [66]:

Adsorption multicouche, dans ce cas, une fois la monocouche atteinte, si la concentration d'adsorbat augmente il y a formation d'une nouvelle couche recouvrant la première couche adsorbée.

V.4.2. Modélisation des isothermes d'adsorption :

L'intérêt principal de la modélisation mathématique des isothermes d'adsorption réside dans la possibilité d'obtenir des coefficients de référence, indicateurs, et caractéristiques du processus d'adsorption, qui sont généralement comparés aux valeurs obtenues pour différents systèmes polluants/adsorbant.

Plusieurs lois ont été proposées, elles expriment la relation entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant à une température donnée, pour connaître le mécanisme de l'adsorption nous avons adopté deux principaux types.

V.4.2.1. Isotherme de Langmuir :

L'équation utilisée dans le modèle de l'isotherme de Langmuir :

$$\frac{q_e}{q_m} = \frac{bC_e}{1 + bC_e}$$

Ou :

q_e : quantité adsorbée à l'équilibre ($\mu\text{mol/g}$).

q_m : quantité maximale adsorbée à la saturation de la monocouche ou capacité maximale d'adsorption ($\mu\text{mol/g}$).

C_e : concentration à l'équilibre ($\mu\text{mol/l}$).

b : constante reliée à l'énergie libre d'adsorption.

La transformée linéaire de ce modèle à pour équation :

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{b \times q_m C_e}$$

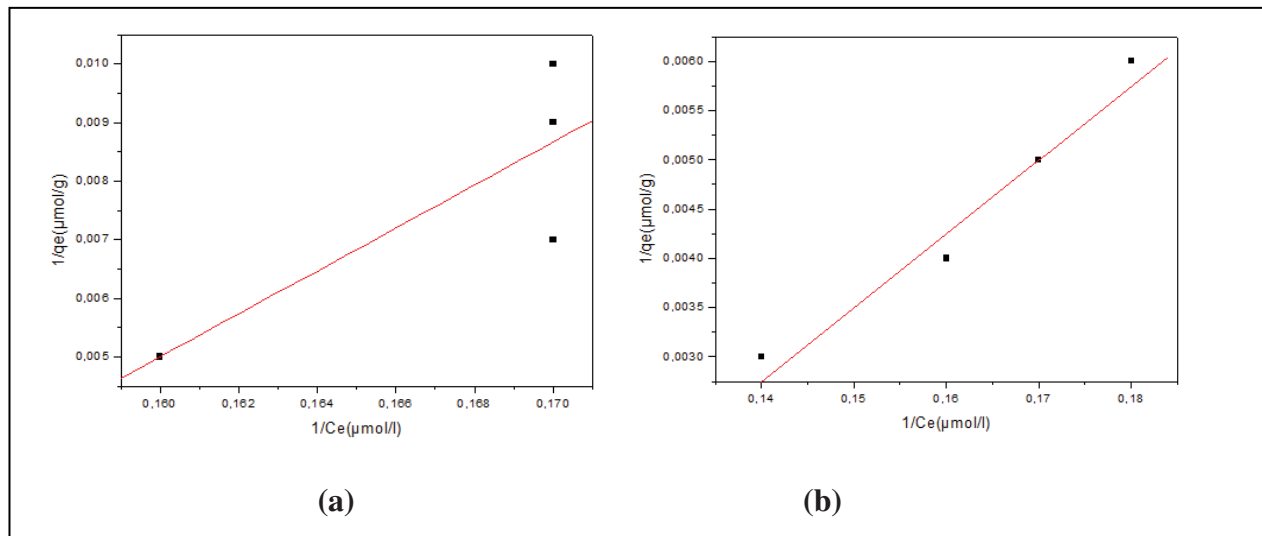


Figure V.11: isothermes d'adsorption de BBT sur CAG (a: pH=8 ; b: pH=4,2) selon le modèle de Langmuir.

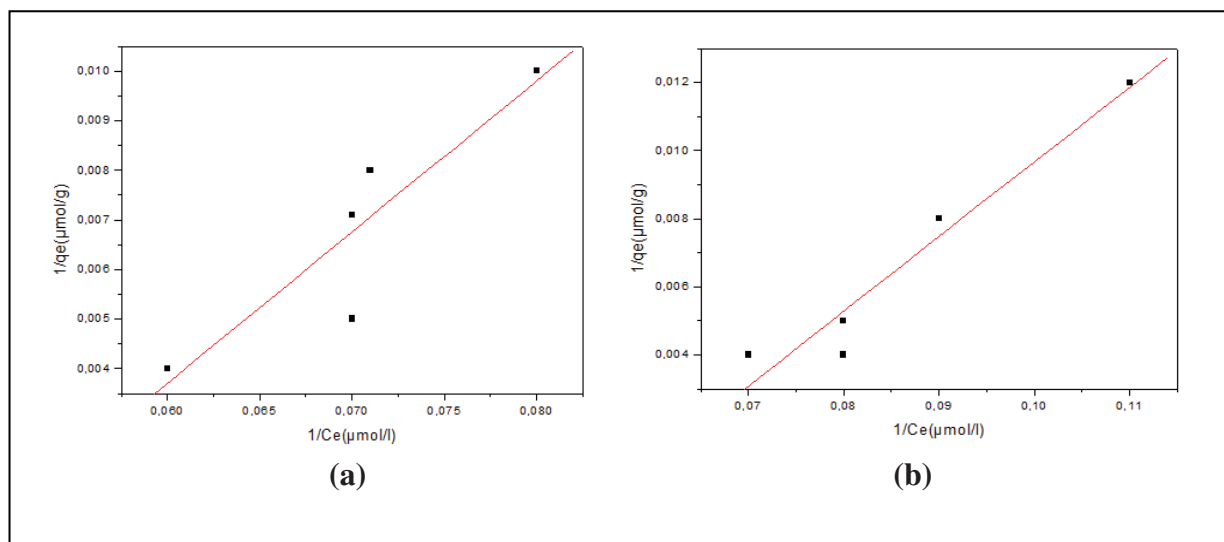


Figure V.12: isothermes d'adsorption de BBT sur CAP (a: pH=8 ; b: pH=4,2) selon le modèle de Langmuir.

Tableau V.3: les principaux paramètres caractérisant le modèle d'adsorption de Langmuir de BBT sur les deux adsorbants.

pH	Adsorbant	q_m	b	R
4,2	CAG	-129,03	-0,10	0,97
	CAP	-84,81	-0,05	0,95
8	CAG	-154,32	-0,077	0,82
	CAP	-68,63	-0,048	0,90

V.4.2.2. Isotherme de Freundlich :

L'équation utilisée dans le modèle de Freundlich :

$$q_e = K_f \cdot C_e^{1/n}$$

K_f et $1/n$: les constantes de Freundlich, dépendant de la nature du soluté et de l'adsorbant

Utilisé.

La transformée linéaire sont :

$$\ln q_e = \ln K_f + \frac{1}{n} \ln C_e$$

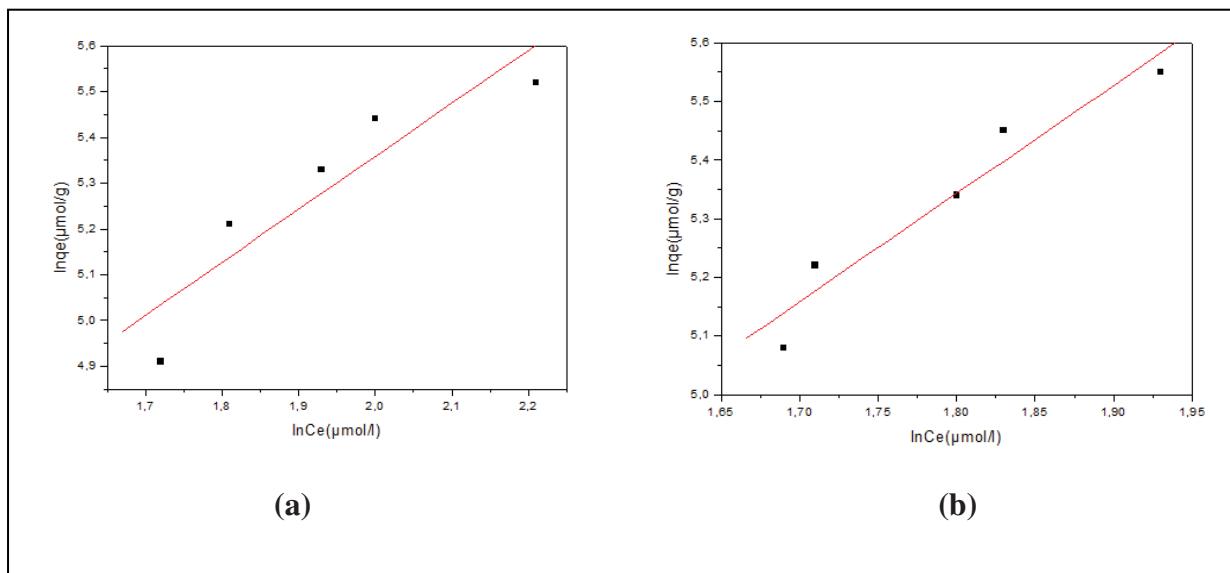


Figure V.13: isothermes d'adsorption de BBT sur CAG (**a:** pH=8 ; **b:** pH=4,2) selon le modèle de Freundlich.

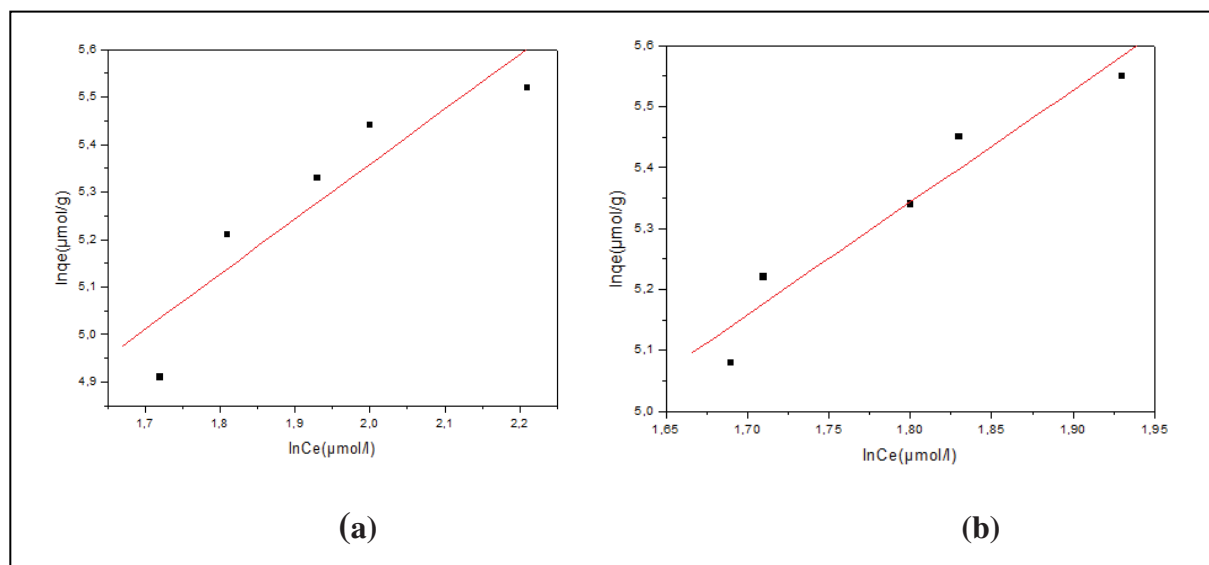


Figure V.14: isothermes d'adsorption de BBT sur CAP (a: pH=8 ; b: pH=4,2) selon le modèle de Freundlich.

Tableau V.4: les principaux paramètres caractérisant le modèle d'adsorption de Freundlich de BBT sur les deux adsorbants.

pH	Adsorbant	K_f	$1/n$	R
4,2	CAG	3,06	3,12	0,77
	CAP	4,69	2,96	0,96
8	CAG	1,06	1,82	0,83
	CAP	6,40	3,32	0,62

V.5. Discussion générale :

D'après les valeurs reportés sur les tableaux précédents concernant les facteurs de corrélation nous pouvons conclure que la rétention des deux supports étudiés suit les deux modèles isotherme d'adsorption. Ce ci confirme les caractéristique granulométrique homogène de ces matériaux [67].

Les deux modèles d'adsorption de BBT étudiés sur les différents adsorbants utilisés dans ce travail donnent des coefficients $1/n > 1$. Ce ci signifie que l'adsorption est plus importante pour des forte concentrations.

Des études similaires [68], montrent que l'adsorption d'un polluant organique fait apparaître des coefficients $1/n > 0$ et suggèrent une adsorption physique.

Par ailleurs, la constante de Freundlich k_f traduit la capacité d'adsorption d'un polluant considéré par le solide [69]. La valeur de k_f est directement proportionnelle à la quantité de polluant adsorbée.

Autrement dit, plus la valeur de k_f est élevée plus la quantité retenue est importante. Dans notre cas, les résultats obtenus de k_f varient entre 1,06 et 6,40. Cette variation s'explique de manière suivante :

Pour $\text{pH}=4,2$: on remarque une augmentation de pH (changement de la couleur de la solution du jaune vers le vert), c'est –à-dire, il y a une diminution de concentration des ions H_3O^+ a cause de l'interaction entre les ions H_3O^+ qui sont chargés positivement et les ions OH^- et les particules du charbon actif (CAP et CAG) qui sont chargés négativement.

Pour $\text{pH}=8$: on remarque une diminution de pH (changement de la couleur de la solution du bleu vers le vert), car il ya une répulsion entre les particules de charbon actif (CAG et CAP) qui sont chargés négativement et les OH^- qui ce trouvent dans le milieu.

Selon la valeur de la constante q_m (isotherme de Langmuir) on peut dire que le charbon actif de noyaux de dattes à une adsorption importante par rapport au charbon actif commercial. Ces résultats sont parfaitement accord avec ceux obtenus par l'isotherme de Freundlich.

Conclusion générale

Conclusion générale

Cette présente étude, qui s'inscrit dans le cadre générale de la dépollution des eaux, avait pour objectif principal d'étudier le mode de l'application de charbon actif dans l'adsorption de certains micropolluants organique susceptible d'être présents dans les eaux.

Dans notre travail, nous avons utilisé deux charbons actifs granulée commercial (CAG) et poudre issu de noyaux des dattes (CAP) pour l'adsorption de bleu de bromothymol (BBT) sous l'effet de pH du milieu et la concentration initiale.

L'ensemble des conclusions qu'on peut tirer est :

- ✓ Le dosage du bleu de bromothymol (BBT) peut être maîtrisé par la spectrophotométrie UV-Visible ce qui permet de le détecter à faible concentration en solution et même en présence d'autres éléments.
- ✓ En testant l'efficacité d'adsorption des deux types de charbon actif étudiés vis-à-vis de BBT, nous avons trouvé que les meilleurs rendements ont été donnés par le charbon actif poudre par rapport au charbon granulée.
- ✓ Le temps nécessaire pour assurer l'équilibre d'adsorption sur le charbon actif est atteint au bout de 3h et 6h de contact entre le polluant et l'adsorbant.
- ✓ Les paramètres opératoires tels que le pH du milieu et la concentration initiale ont un effet significatif sur le rendement d'adsorption.
- ✓ Les isothermes d'adsorption de BBT sur le charbon actif poudre à l'origine des noyaux des dattes; sont de "type II" et sur charbon actif granulée commercial sont de type I, ces derniers sont bien décrites par les modèles d'adsorption de Langmuir et Freundlich.

Notre contribution ouvre la voie à des investigations futures pour la valorisation des déchet végétaux à savoir noyaux des dattes ou autre en les exploitant dans le domaine d'épuration des eaux usées par le procédé d'adsorption étant donné que ce dernier est très utile pour minimiser le degré de pollution et aussi dans la purification des effluents industriels et de protection de l'environnement d'une manière générale.

Référence bibliographique

Références bibliographiques

- [1] **Chaouki M**, Cours Pollution (Air, Eau, Sol), université d'Ouargla ,2016 .
- [2] **Aissaoui H**, Effet des produits phytosanitaires et les engrais, sur l'abondance des métaux lourds (Cu, Zn) dans le sol et le végétal dans la région de Biskra, mémoire de magister, université de Biskra, 2012.
- [3] **Gaamoune S**, Le rôle des biofilms d'algues dans les traitements biologiques des eaux, mémoire de magister, université Sétif, 2010.
- [4] Mémoire de fin d'étude (vers l'établissement des périmètres de Protection des captages d'eaux souterraines destinées a l'a.e.p. De la Ville de Biskra) université de Biskra, 2011.
- [5] www.franceenvironnement.com/sous-rubrique/pollution-accidentelle ,2018.
- [6] www.intelligenceverte.org/Pollution-diffuse-g.asp ,2018.
- [7] www.geologieportal.ch/fr/themes/dangers-geologiques.html.
- [8] **Douafer L**, Evaluation de la pollution des sols de quelques biotopes de l'Est algérien par l'utilisation d'un bioindicateur, *Helix aspersa* (Mollusca, Gasteropoda): inventaire, activité enzymatique et composition physico-chimique du sol, mémoire de magister, université de Annaba, 2010.
- [9] **Bouziane M**, Etude de l'élimination de l'éthyle violet par adsorption sur la kaolinite et le charbon actif et par des méthodes photochimiques en milieu aqueux, mémoire magister, université de Constantine, 2009.
- [10] **Fadela S**, Contrôle et surveillance de la pollution par la qualité des eaux du littoral - cas de la zone industrielle d'Arzew, mémoire de magister, université d'Oran, 2010.
- [11] **Bouhadiba S**, Evaluation des concentrations des quatre métaux lourds (Pb, Cd, Cu, Zn) Chez le mullet (*mugil cephalus* Linné 1758) pêché dans les baies d'Oran, mémoire de magister, université d'Oran ,2009.
- [12] www.beatitudo.pro,2018.
- [13] www.canada.ca/fr/environnement-changement-climatique ,2018.
- [14] **Djebbar M**, Argile de Maghnia, purification et adsorption de polluante, thèse de doctorat, université d'Oran ,2014.
- [15] **Moore J**, Chimie organique moderne, travaux pratiques, Masson, 1975.
- [16] **Lamri N**, Elimination du colorant orange ii en solution aqueuse par photochimique et par adsorption, mémoire de magister, université de Constantine, 2010.
- [17] **Marouzni D R**, Traitement de colorants azoïque et anthraquinonique pour procédés d'oxydation avancée (POA), université de Mostaganem ,2011.
- [18] **Zhenwang L, Zhenlu C, Jianyan L**, The PT dey moléculaire structure and it's chromophoric luminescences mechanism, 15th World Conférence on Non-Destructive Testing, Rome, 15-21, 2000.

- [19] Colorants naturels, de synthèse et conservateurs - Assiation FredoBio, www.fredobio-asso.org > articles, *Colorants naturels, nutrition* 2005.
- [20] **Mansour H, Boughzala O, Dridi D, Barillier D, Chekir Ghedira L, Mosrati R**, Article de Les colorantes textiles sources de contamination de l'eau : criblage de la toxicité et des méthodes de traitement. *Revue des sciences de l'eau*, 24(3), 209–238, 2011.
- [21] **Pagga, Brownd**, The dégradation of dyestuffs part II: behaviour of dyestuffs in aerobic biodégradation tests. *Chemosphere*. 15, 4 ,479-491 ,1986.
- [22] **Bouanimb N**, Etude comparative de la dégradation photochimique et photocatalytique de quatre colorants: Impact de la structure chimique et corrélation entre l'adsorption et l'activité photocatalytique de TiO₂, thèse de doctorat, université de Constantine ,2014 .
- [23] **Guivarch E**, Traitement des polluants organiques en milieux aqueux par le procédé électrochimique d'oxydation avancée « Electro-Fenton ». Application à la minéralisation des colorants synthétiques, Thèse de doctorat, université de Marne-la-Vallée, 2004.
- [24] **Nestmann E R , Douglas G R ,Matula T I, Grantc E, Kowbel D J**, *cancer Res.* 39, 4412-4417,1979.
- [25] Colorants acides colorés,
<https://www.coloré.com/fr/colorant-pigments-industriels/dz/colorants-acides.html>.
- [26] **Aliouche S**, Etude de l'élimination d'un colorant par différents méthodes photochimique en milieu aqueux, mémoire de magister, université de Constantine ,2007.
- [27] **Larbi F**, Contribution à la décoloration des eaux résiduaires textiles par des argiles naturelles, thèse de magister, université d'Oran ,2008.
- [28] **Flandrin-Bletty M**, Technologie et chimie des textiles, Ed .Cépadués pp. 182-186 ,1991.
- [29] **Lemlikchi W**, Elimination de la pollution des eaux industrielles par différents procédés d'oxydation et de Co-précipitation, thèse de doctorat, université de Tizi Ouzo, 2012.
- [30] **Benaouida M A**, Etude par diffraction RX de métallo dentâtes D'organoligands chromogènes, Mémoire de magister, option de cristalochimie, université de Constantine, 2010.
- [31] **Ala A ES**, Etude de l'élimination de l'éthyle violet par adsorption sur la kaolinite et le charbon actif et par des méthodes photochimiques en milieu, mémoire de magister, université Constantine, 2009.
- [32] **Chetioui S**, Structures et propriétés physico-chimiques de substances colorantes de synthèse, mémoire de magister, université de Constantine, 2010.
- [33] Les colorants textiles sources de contamination de l'eau –Erudit
<https://www.erudit.org/revue/rseau/2011/v24/n3/1006453ar.html%3Fvue%3Dresume>
- [34] **Manahan S E**, *Environmental chemistry*, 6e Ed, U.S.A. Lewis Publisher, 1994.
- [35] **Willmott N J, Guthrie J T, Nelson G**, 114, *JSDC*, pp. 38-41, 1998.
- [36] **Cooper P**, *Colour in dyestuff effluent, the society of dyers and colourists*.oxford: Aden Press, 1995.
- [37] Partie 4 dangers pour l'environnement Unece
https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev01/French/04f_partie4.pdf
- [38] **Ganesh R**, Fate of azo dye in sludges. Th: Chim: Virginia polytechnic institute and state university, p193, 1992.

- [39] **Culp SJ, Beland FA, Heflichr H**, Mutagenicity and carcinogenicity in relation to DNA adduct formation in rats fed leucomolachite green. *Mutation research*, 506-507, 55-63, 2002 .
- [40] Santé Canada, Sous produits de désinfection (SPCD), texte préparé par le groupe de travail sur les SPCD, 1999.
- [41] **Ghautier j A J G, Kiger J A, PellerinF**, Les colorants naturels et de synthèse à usage de pharmaceutique et alimentation. Mises au point de chimie analytique, paris, Masson, 1964.
- [42] Flett, M, ST C, chem, J, p.1441, 1948.
- [43] **Bouziane N**, Elimination du 2-mercaptobenzothiazole Par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre, mémoire de magister, université de Constantine, 2007.
- [44] **Naidja L**, elimination du colorant orange ii en solution aqueuse, par voie photochimique et par adsorption, mémoire de magister, université de Constantine, 2010.
- [45] **Boudries N**, Biosorption des métaux lourds sur une biomasse Mycélienne, Thèse de magistère, ENP, 1997.
- [46] **Montacer H**, Contribution à l'étude du devenir de la therbutylazine dans le sol et l'eau, doctorat d'état, 1999.
- [47] **Senesi N**, the science of the totla environment, 123, 124, 63-76, 1992.
- [48] **Karichoff S**, Wbrownd S, scott T, A, J, water research 13,241-248, 1997.
- [49] Aipea, association international pour l'étude des argiles .Newsletter n°32, February, 1996.
- [50] **Lourghi L**, Adsorption du furfural issue des rejets liquides de la raffinerie d'Arzew par charbon actif en poudre, mémoire de magister, 2014.
- [51] **Kayode O A, Unuabonah E.I., Olu-Owolabi B.I.**, Kinetic and thermodynamic aspects of the adsorption of Pb²⁺ and Cd²⁺ ions on tripolyphosphate modified kaolinite clay. *Chemical Eng. Journal* 136, 99–107 2008.
- [52] **Schoonheydt R A, Pinnavaia T, Lagaly G, Gangas N**, Pillared Clays and pillared layered solids, *IUPAC Pure Appl. Chem.*, vol.71 , p.2367-2371, 1999.
- [53] **Sedira N**, Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes, mémoire de magister, université de Souk-Ahras, 2012.
- [54] **S. Babel, T.A. Kurniawan**. « Low-cost adsorbents for heavy metal uptake from contaminated water », a review. *Journal of Hazardous Materials* 97, 219-243, 2003.
- [55] **Abdessemed A**, étude de l'élimination de l'éthyle violet par adsorption sur la kaolinite et le charbon actif et par des méthodes photochimiques en milieu aqueux, mémoire de magister, université de Constantine ,2009.
- [56] **Bamba D**, Elimination du diuron des eaux par des techniques utilisant les ressources naturelles de la côte d'ivoire : photocatalyse solaire et charbon actif de coques de noix de coco, thèse de doctorat, 2007.
- [57] **Fourou H**, Etude comparative de l'adsorption de nitrobenzène sur différents adsorbants (charbon actif, charbon actif issu de noyaux de datte et montmorillonite), mémoire de master, université de Bordj Bou Arreridj ,2011.
- [58] **Doubla A, Bouba Bello L, Fotso M, Brisset J L**, Plasmachemical decolourisation of Bromothymol Blue by gliding electric discharge at atmospheric pressure. *Dyes and pigments*, 77,118-124,2008.

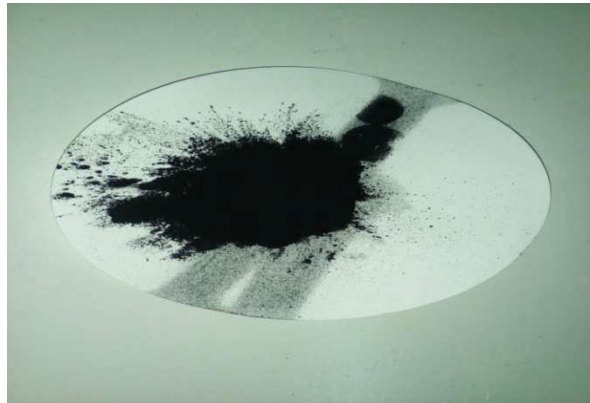
- [59] Bleu de bromothymol+BBT-forum de science physiques -245976https :
www.ilephysique.net /sujet-bleu-de-bromothymol-bbt-245976.html.
- [60] Bleu bromothymol-Dictionnaires et Encyclopédies sur 'Academic'
fracademic.com/dic.nsf/frwiki/220524.
- [61] **Benefield LB, J F Judkins JR, and B L Weand**, process chimisty for water and
wastewater treatment ,prentice Hall, Upper saddale River,NJ ,1982 .
- [62] **Vinod K G, Mohan D, Saini V K**, Studies on the interaction of some azo dyes (naphthol
red-J and direct orange) with nontronite mineral. J. Colloid and Interface Science 298, 79-86,
2006.
- [63] **Rawajfih Z, Najwa N**, Characteristics of phenol and chlorinated phenols sorption onto
surfactantmodified bentonite", J. Colloid and Interface Science 298, 39-49, 2006.
- [64] **Bouras O**, Propietes adsorbants d'argiles pontées organophyles : synthèses et
caractérisation, mémoire de doctorat, université de Limoges ,2003.
- [65] **Boumelik M**, étude de l'adsorption d'un polluant sur des matériaux de la région de
Béchar , mémoire de magister, université d'Oran ,2016.
- [66] **Babat F A ,Al-Bashir B, Al-Asheh S ,Hayajneh O** , Adsorption of phenol by betonies,
Environmental pollution, vol.107, p.391-398, 2000.
- [67] **Janot Y**, Isotherme de sorption, model et détermination, science et technologie, vol, 23,
p.55-59, 2008.
- [68] **Shu H T, Lid ,Scalaa A A , Yiy M**, adsorption for organique pollutants from aqueous
streams by aluminosilicte-based microporous matematerials, separ, purif, techno, vol 11, p.27-
36, 1997.
- [69] **Monarrez I M**, Rétenion de pesticides dans les sols des dispositifs tampon, enherbés et
boisés rôle des matières organiques, thèse de doctorat, Institue agronomique Paris, 2004.

Annexe

Annexe



Annexe.1. Solution de bleu de bromothymol à pH=4,2



annexe 2. Charbon actif poudre issu de noyaux des dattes



annexe 3. Charbon actif granulée commercial



Annexe 4 . uv-visible modèle 1700



Annexe 5. pH mètre Inolab WTW 730



Anexxe 6. Bain marié avec agitation



Annexe 6. Balance magnétique

Résumé

La demande croissante des adsorbants utilisés dans les procédés de protection de l'environnement, a fait que leur prix coute de plus en plus cher, qui suscite une recherche complémentaire pour la fabrication de nouveaux matériaux adsorbant moins couteux a partir des matières qui ne sont pas classique. Concrètement à partir de déchets végétaux.

Les travaux réalisés dans ce mémoire ont pour but de tester deux charbons actifs; poudre issu de noyaux des dattes (CAP) et granulée commercial (CAG), pour éliminer le polluant organique, bleu de bromothymol. L'étude de la rétention du colorant est suivie par l'influence des paramètres expérimentaux tels que le pH, et la concentration initiale de la solution. Les capacités d'adsorption obtenues sont plus élevées dans le cas de charbon actif d'origine de noyau des dattes par rapport de charbon actif granulée commercial. En fin nous avons déterminé l'allure des isothermes d'adsorption de colorant, en trouve le type I sur le CAP et le type II sur CAG il est bien décrit par les modèle d'isotherme de Langmuir et Freundlich.

Abstract

The increasing demand for adsorbents used in environmental, protection processes has meant that their price is becoming increasingly expensive. This is giving rise to further research for the production of new adsorbing materials but less expensive of materials which are not conventional especially from vegetable waste.

The work carried out in this thesis aims to test two active carbons: date kernel powder (CAP) and commercial granulate (CAG), to eliminate the organic pollutant, bromothymol blue. The study of dye retention is followed by the influence of experimental parameters such as pH, and the initial concentration of the solution. The adsorption capacities obtained are higher in the case of active carbon of date core origin compared to commercial granulated activated carbon. Finally, we have determined the appearance of the dye adsorption isotherms, found the type I on the CAP and the type II on CAG it is well described by the isothermal model of Langmuir and Freundlich.