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

UNIVERSITE DE SAÏDA - Dr MOULAY TAHAR-

Faculté de technologie

Département de Génie des procèdes

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master

En Génie des Procédés

Spécialité : Génie des Procédés des Matériaux

Présenté par :

REBIE Heythem nor el islam et GOUSSAS Mahmoud

Thème :

Elimination d'un colorant par deux bio-adsorbants différents

Devant le jury

Pr M. Adjdir	Professeur	Présidente	Université de Saida
Dr S. Daoudi	Maitre de conférences «A»	Examinateur	Université de Saida
Pr N. Ghali	Professeur	Encadreur	Université de Saida

Année universitaire 2021 - 2022

REMERCIMENT

On remercie dieu le tout puissant de nous avoir donné la santé et la volonté d’entamer et de terminer ce mémoire.

Ce travail est réalisé au sein du laboratoire des sciences et Technologie 3000 à **l'Université du Dr Moulay Taher à Saida**, sous la direction du **Pr N.Ghali**

Nos sincères remerciements vont à toutes les personnes qui ont aidé et contribué au développement de ce travail. Plus précisément, nous tenons à remercier :

- **Pr Ghali. N** le remercie pour sa qualité exceptionnelle d'encadrement, pour sa patience, sa précision et sa disponibilité lors de la préparation de cette lettre, ainsi que pour sa gentillesse, ses conseils et sa participation à nous guider pas à pas dans notre travail.

- Nous remercions également les professeurs encadrant le jury, **Pr Adjdir. M** et **Dr Daoudi. S** pour leur gentillesse et leur écoute et pour toutes les orientations et conseils de soutien.

- Responsable du **Laboratoire N°5** , Responsable du **Laboratoire N°4** , pour nous accueillir au Laboratoire **Génie des Procédés**, et pour nous permettre de réaliser le projet de fin d'étude dans les meilleures conditions.

- Nous tenons également à remercier tous les professeurs qui ont eu le privilège de nous connaître et de nous apprécier durant toutes ces années scolaires

Dédicace

Je dédie ce travail :

A mes parents qui me sont très chers et qui les ont soutenus

Vous m'avez toujours aidé à réussir dans la vie , j'espère qu'ils seront fiers de moi et de mon humble travail , car je suis fier d'avoir de tels parents.

A mes chers frères et sœurs et à toute ma chère famille REBIE et BENKADDOUR.

A tous mes amis et collègues,

A tous ceux qui m'ont aidé , de prés ou de loin , même avec un mot d'encouragement et de gentillesse.

A tous ceux et celles qui sont chères à mon cœur.

REBIE heythem nor elislam

Dédicace

Je dédie le présent travail à :

Mes parents pour leurs sacrifices, leur rigueur, leur assistance sans lesquelles rien de ceci ne serait réalisé. Ils n'ont ménagé aucun effortpour ma réussite. Ce travail est le faible témoignage de ma reconnaissance, voyez-en toute mon affection. Que Dieu vous prête vie afin que vous jouissiez des fruits de vos bienfaits ;

Mes frères et soeurs, votre amour fraternel m'a été d'un grand secours. Ce travail n'est qu'un exemple à dépasser absolument ;

Mes amis avec qui j'ai partagé mes peines et joies, recevez ici le

signe de ma sympathie.

GOUSSAS Mahmoud

Sommaire

Liste des tableaux

Listes des Figures

Liste des équations

CHAPITRE I: Généralités sur l'adsorption :

Introduction Générale :..... .1

Référence bibliographie (Introduction Générale) :..... .3

I.2. Définition d'adsorption :..... 4

I.3. Types d'adsorptions :..... 4

I.3.1.Chimisorption **:..... 4**

I.3.2. Physisorptio **:..... 4**

I.4. Mécanisme d'adsorption d'un colorant :..... 5

I.5. Isothermes d'adsorption :..... 6

I.5.1. Classification des isothermes d'adsorption :..... 6

I.5.2. Modèles des isothermes :..... 8

I.5.2.1. Isotherme de Langmir **:..... 9**

I.5.2.2. Isotherme de Frendlich **:..... 10**

I.6. Facteurs influençant l'adsorption :..... 11

I.6.a. Facteurs liés à l'adsorbant **:..... 11**

I.6.b. Facteurs liés à l'adsorbat :**..... 11**

I.6.c. Facteurs liés aux conditions opératoires :**..... 11**

I.7. Cinétique d'adsorption :..... 11

I.7.1 Modèles cinétiques d'adsorption :..... 11

I.7.1.1. Modèle de la cinétique du pseudo premier ordre :**..... 12**

I.7.1.2. Modèle de la cinétique du deuxième ordre **:..... 12**

I.7.1.3**.** Modèle de la diffusion intra particule :**..... 12**

I.7.1.4**.** Modèle d'elovich **:..... 13**

I.8. Domaine d'application de l'adsorption :..... 13

I.9 Définition d'un adsorbant :..... 13

I.10 Principaux types d'adsorbants :..... 14

I.10.1. Alumines activées **: 14**

I.10.2. Zéolites :**..... 14**

I.10.3. Gels de silice :**..... 14**

I.10.4. Argile activée :**..... 15**

I.10.5 Charbons actifs : **..... 15**

I.10.6 Bio-adsorbants : **..... 15**

I.11 Domaines d'utilisation des Bio-adsorbants :..... 15

Référence bibliographie (CHAPITRE I) :..... 17

CHAPITRE II : Généralités sur les colorants *:*

Introduction :..... 21

II.2. Définition d'un colorant :..... 21

II.3. Classification des colorants :..... 21

II.3.1. Classification technique :..... 22

II.3.1.a. les colorants naturels **: 22**

II.3.1.b.les colorants synthétiques :**..... 22**

II.3.2. Classification technologique ou (appellation usuelle) : 23

II.3.3. Classification chimique : 23

II.3.3.1. Les colorants azoiques :**..... 23**

II.3.3.2. Les colorants anthrauinouiques :**..... 23**

II.3.3.3. Les colorants indigoides **:..... 24**

II.3.3.4.Les colorants nitrés et nitrodés **:..... 24**

II.3.3.5. Les colorants xanthénes :**..... 24**

II.3.3.6. Les phtalocyanines :**..... 25**

II.3.3.7. Les colorants triphényhnéthanes :**..... 25**

II.3.4. Classification tinctoriale :.....26

II.3.4.1. Les colorants acides on anioniques :..... **26**

II.3.4.2. Les colorants basiques ou cationiques **:** **26**

II.3.4.3. Les colorants directs (substantifs) :..... **27**

II.3.4.4. Les colorants à mordants :..... **27**

II.3.4.5. Les colorants azoiques insolubles **:**..... **28**

II.3.4.6. Les colorants dispersés :..... **28**

II.4. Application des Colorant :..... 29

II.5. Différents types de colorants :..... 29

II.6. Impacts environnementaux :..... 30

II.7. Généralités sur l'acide green 25 :..... 30

Référence bibliographie (CHAPITRE II) :..... 32

CHAPITRE III : Résultats et Discussions :

Introduction :..... 36

III.1. Préparation:..... 36

III.1.1. Préparation des adsorbants :..... 36

III.1.2.Préparation de colorant :..... 36

III.1.3. Méthode d'analyse spectrophotométrie UV-Visible :..... 36

III.1.4. Droite d'étalonnage en spectrophotométrie UV-Visible :..... 38

III.1.5. Mode d'action :..... 38

III.2. Etablissement de la courbe d'étalonnage :..... 38

III.2.2. Effets de la concentration initiale :..... 39

III.2.3. Effets de la masse:..... 41

III.2.4. Effets de cinétique :..... 43

III.3. Modélisation de la cinétique:..... 45

III.3.1. Modèle cinétique du pseudo premier ordre :..... **45**

III.3.2. Modèle cinétique du pseudo deuxième ordre :..... **46**

III.4. Transformées linéaires de Freundlich et de Langmuir :..... 48

III.4.1. Isotherme de Langmuir :**..... 48**

III.4.2. Isotherme de Freundlich **:..... 49**

Conclusion Générale :..... 54

Résumé :..... 56

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Propriétés de l'adsorption physique et l'adsorption chimique **5**

Tableau I.2 : des exemples sur les bio-adsorbants **16**

Tableau II.1 : les caractéristiques de l'AG_25 ..... **31**

Tableau III.1 : Valeurs des paramètres cinétiques d'ordre 1 et 2 de l'élimination d'AG 25 pour les deux matériaux (Bio 1 Bio 2) **47**

Tableau III.2 : Résultats de modélisation des isothermes d'adsorption de Langmuir..... **50**

Tableau III.3 : Résultats de modélisation des isothermes d'adsorption de Freundlich **52**

Liste des équations

Équation I.1 : VQ= (C_0-Ct). $\frac{V}{m}$ **8**

Équation I.2 : $\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Qm K_L} + \frac{C_e}{Qm}$ **9**

Équation I.3 : $\log Q_e = \log Kf + \frac{1}{n} \log C_e$ **10**

Équation I.4 : dq/dt = K1 (qe - qt) **12**

Équation I.5 : log (qe - qt) = log qe- k1/ 2,303 x t **12**

Équation I.6 : dq/dt = K2 (qe - qt) 2 ..... **12**

Équation I.7 : qt = (1/ β)*ln (α* β) + (1/ β)*ln(t) n **13**

Équation III.1 : A = - log ($\frac{I}{I_0}$**)** **37**

Équation III.2 : $A = \varepsilon . l . c$ **37**

Équation III.3 : $\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t$ **45**

Équation III.4 : $\frac{t}{q_t} = \frac{t}{q_e} + \frac{1}{(k_2 q_e^{\,2})}$ **46**

Équation III.5 : $\frac{Ce}{(\frac{x}{m})} = \frac{1}{Qm.Kl} + \frac{Ce}{Qm}$ **48**

Équation III.6 : $Q_e = K_f C_e^{1/n}$; **0 < n< 1** **50**

Listes des figures :

Figure. I.1 Schéma de l'adsorption chimique **4**

Figure. I.2 Schéma de l'adsorption physique exemple d'adsorption physique **5**

Figure. I. 3 Étapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption **6**

Figure. I.4 Types des isothermes d'adsorption **8**

Figure II.1 Structure moléculaire d'un colorant azoïque **23**

Figure II.2 La molécule anthraquinone **23**

Figure II.3 : Structure chimiques des colorants indigoïdes **24**

Figure II.4. Structure chimique des colorants nitrés et nitrosés **24**

Figure II.5 Structure moléculaire d'un colorant xanthène **25**

Figure II.6 : Structure chimiques des phtalocyanines **25**

Figure II.7 : Structure chimiques des colorants triphénylméthanes **26**

Figure II.8 : Colorant Rouge Congo **26**

Figure II.9 : Formule développée de bleu de Capri **27**

Figure 1I.10 : Exemple de colorant direct : la curcumine **27**

Figure II.11 : Mordant Orange 6(colorant mordant) **28**

Figure II.12 : Rouge Lithol (Colorant développé) **28**

Figure II.13 : Disperse Bleu 1 (colorant dispersé) **29**

Figure II.14 : Structure chimique de la molécule du colorant Acide Green (AG-25) **30**

Figure III.1 : solution mére de AG25 ..... **36**

Figure III.2 : AG25 à l'état de poudre fine **36**

Figure III.3 : Spectrophotomètre UV-visible **37**

Figure III.4 : Courbe d'etalonnage de AG 25 à 643 nm **39**

Figure III.5 : Evolution le taux d'élimination d'AG 25 par le de Bio-adsorbant 1.
Temps d'agitation = 30 min **40**

Figure III.6 : Evolution le taux d'élimination d'AG 25 par le Bio-adsorbant 2.
Temps d'agitation = 30 min **40**

Figure III.7 : Evolution le taux d'adsorption de AG 25 en fonction de la massa de bio-adsorbant 1. Temps d'agitation = 30 min. C_0 = 100 mg/l **42**

Figure III.8 : Evolution le taux d'adsorption d'AG 25 en fonction de la masse de bio-adsorbant 2.
Temps d'agitation = 30 min. C_0 = 100 mg/l **42**

Figure III.9 : Isothermes de sorption de colorant AG 25 par les deux matériaux (Bio1 et Bio2)
..... **44**

Figure III.10 : Cinetique du pseudo de premier ordre d'elimination du colorant AG 25 par le Bio-adsorbant 1 et 2 à concentration initiale de 100 mg/l **46**

Figure III.11 : Cinetique du pseudo de second ordre d'elimination du colorant AG 25 par le Bio -adsorbant 1 et 2 à concentration initiale de 100 mg/l **47**

Figure III.12 : Transformées linéaires de l'isotherme de Langmuir pour l'adsorption de AG 25 sur le Bio-adsorbant 1 ..... **49**

Figure III.13 : Transformées linéaires de l'isotherme de Langmuir pour l'adsorption de AG 25 sur le Bio-adsorbant 2 ..... **49**

Figure III.14 : Transformées linéaires de l'isotherme de Freundlich pour l'adsorption de AG 25 par le Bio-adsorbant 1..... **51**

Figure III.15 : Transformées linéaires de l'isotherme de Freundlich pour l'adsorption de AG 25 par le Bio-adsorbant 2 ..... **51**

Introduction Générale

Le procédé de séparation par adsorption est l'une des technologies les plus avancées dans nos jours actuels. De plus, il est largement utilisé pour la décontamination et la purification un large éventail de secteurs, tels que les industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, pour applications environnementales et pharmaceutiques.

L'adsorption est un phénomène d'interface (phénomène physique de fixation de molécules sur la surface d'un solide) pouvant se manifester entre un solide et un gaz, ou entre un solide et un liquide. Ce phénomène est commun à toutes les surfaces à l'interface. L'attraction intermoléculaire n'est pas compensée dans toutes les directions et reste par la force résiduelle dirigée vers l'extérieur. Ces forces représentent une énergie superficielle par unité de surface équivaut à la tension superficielle d'un liquide, Lorsqu'une particule en mouvement (gaz ou soluté) est fixée dans surface. Ces forces sont neutralisées [1]

Le développement des procédés d'adsorption a mené les chercheurs à élaborer des adsorbants de plus en plus spécifiques. L'adsorbant non traité n'a pas de propriétés d'adsorption particulièrement intéressantes. Par contre, s'il subit un traitement adapté, les modifications de la physique et de la chimie de surface lui octroient de nouvelles caractéristiques. Nous décrirons d'abord l'adsorption en général, en détaillant les processus de transfert mis en jeu, puis nous aborderons le système adsorbant/adsorbat particulier [1].

Selon les lois sur la protection de l'environnement, plusieurs pays et notamment l'Algérie ont reconnu les colorants comme des micropolluants très toxiques soit par contact, inhalation ou ingestion. Il s'agit de l'application des mesures législatives et réglementaires de plus en plus strictes pour la protection de l'eau et de l'environnement [2]. Les colorants synthétiques sont des molécules comprenant un assemblage de structures aromatiques conjuguées (cycles benzéniques, anthracène, etc.), de groupes chromophores, auxochromes et un groupe solubilisant. Le chromophore est la portion responsable de la couleur du composé. L'auxochrome est la partie influençant l'intensité de la coloration et il fixe avec efficacité le colorant sur le support, et enfin le groupe solubilisant améliore la solubilité du colorant et ainsi, il peut être potentiellement appliqué en milieu aqueux [1].

Pour l'élimination des colorants, les procédés sont essentiellement l'adsorption et l'échange ionique. Les recherches de ces dernières années se sont orientées vers le développement de matériaux peu coûteux et efficaces.

L'objectif de notre travail est d'élaborer des matériaux pour une étude comparative d'adsorption d'un polluant organique, colorant de l'industrie textile, l'acide vert (Acid Green 25, AG 25). Après un bref rappel sur l'adsorption, les différents adsorbants et les colorants, nous exposerons la partie expérimentale consacrée à la préparation du matériau adsorbant issu d'un déchet ménager. Les performances d'élimination de colorants par les supports préparés ont été établies par une analyse minutieuse des différents paramètres influençant l'adsorption tels que : la concentration initiale de l'adsorbat, le temps du contact, la masse de bio-adsorbant et les isothermes d'adsorption

Référence bibliographie :

[1] LEMERINI W, Contribution à l'étude de l'effet de quelques colorants azoïques alimentaires sur l'activité de la carboxylestérase porcine, Thèse de doctorat, Département de Biologie Laboratoire de Recherche de Chimie Organique, Substances Naturelles et Analyses (COSNA, Université Abou bekr Belkaid de Tlemcen, 2016.

[2] ZHENWANE L, ZHEN LU C, JIANYAN L, The PT dye molecular structure and its chromophoric luminescences mechanism. In 15th World Conférence on Non Destructive Testing, 2000.

CHAPITRE I

Généralités sur l'adsorption

I.2. Définition d'adsorption :

L'adsorption est l'une des processus d'élimination des contaminants organiques ou minéraux présents dans les effluents liquides ou gazeux, Il existe des nombreux modèles théoriques développés pour décrire les mécanismes de ce phénomène. Nous en discuterons par la suite de cette étude dans ce processus, les contaminants sont transférés de la phase liquide à la surface solide [2].

I.3. Types d'adsorptions :

Selon les types et la nature des interactions adsorbat-adsorbant où les forces qui maintiennent les adsorbats sur la surface solide, on distingue deux types d'adsorption : la physisorption et la chimisorption [3].

I.3.1.Chimisorption

La chimisorption se produit lorsque l'adsorbat est maintenu à la surface de l'adsorbant par des fortes liaisons chimiques (nettement supérieures aux forces de Van der Waals), un exemple comme l'adsorption d'hydrogène sur le nickel.

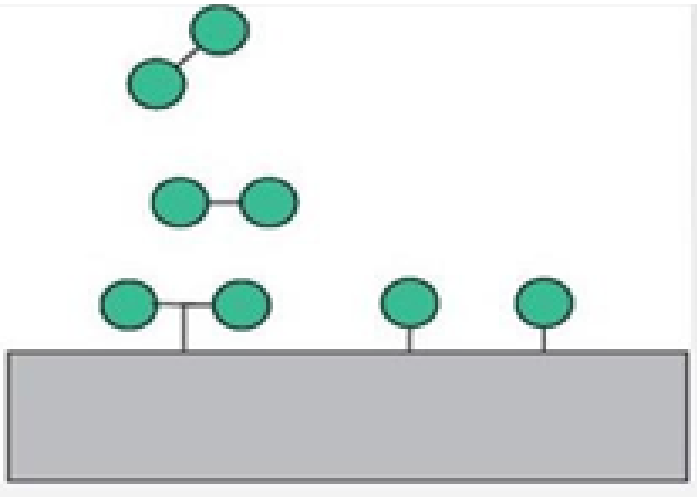


Figure I.1: Schéma de l'adsorption chimique

I.3.2. Physisorption

L'adsorption physique se produit lorsque l'adsorbat est attiré à la surface de l'adsorbant par une faible attraction de van der Waals. L'adsorption d'oxygène sur le carbone est un

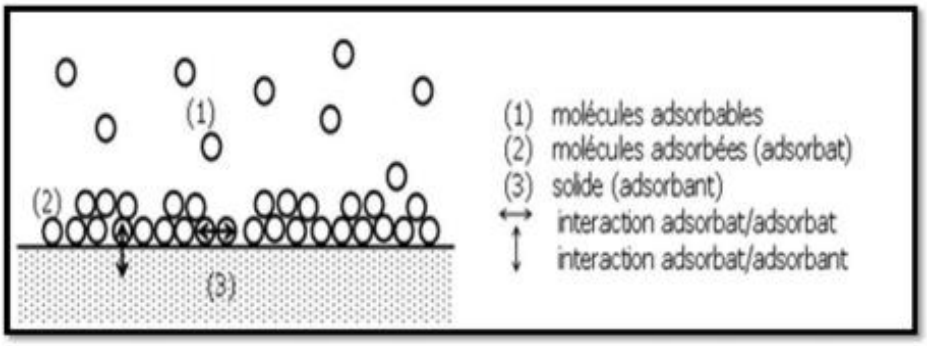


Figure I.2 : Schéma de l'adsorption physique exemple d'adsorption physique [3].

Tableau I.1 : Propriétés de l'adsorption physique et l'adsorption chimique [4]:

Propriétés	**Adsorption physique**	**Adsorption chimique**
Energie d'adsorption	2 à 10 Kcal/mole	20 à 80 Kcal/mole
Température de processus	Inférieure à la température d'ébullition de l'adsorbat	Elevée
Nature de liaison	Physique (Van der Waals)	Chimique
Processus	réversible	irréversible
Energie d'activation	Non appréciable	Peut être mise en jeu
Cinétique	Très rapide	Lente
Etat de surface	Formation de multicouches	Seulement une monocouche peut être formée

I.4. Mécanisme d'adsorption d'un colorant :

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 ce procédé se déroule en quatre étapes [5] :

Etape 1 : Transfert de l'adsorbat de la phase liquide vers la couche limite du film Les liquides se combinent avec les particules solides (par convection ou diffusion) [5]. **Une étape très rapide**.

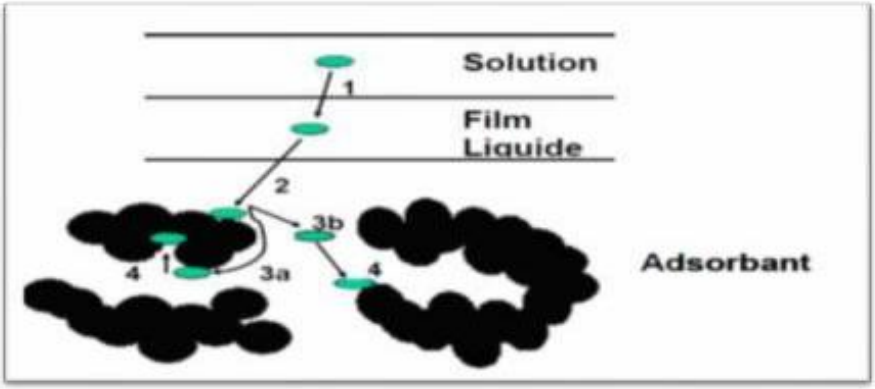
Etape 2 : Transfert de l'adsorbat vers la surface externe à travers la membrane liquide adsorbant. **Etape rapide**.

Etape 3 : Diffusion à l'intérieur des particules d'adsorbant selon deux voies, à l'effet des gradients de concentration. **Etape lente.**

A : A l'état adsorbé, diffusion à travers la surface.

B : A l'état libre, diffusion à travers les pores.

Étape 4 : Adsorption microporeuse. **Une étape très rapide** [5]



.

Figure I.3 : Etapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption 6

I.5. Isothermes d'adsorption :

Le phénomène d'adsorption est généralement représenté par une isotherme d'équilibre le but était de montrer la relation entre la concentration d'équilibre de l'adsorbat (**Ce**) et la quantité d'adsorption sur la surface (**qe**) [7], l'équilibre dynamique établi entre les fractions d'adsorbat et la fraction qui reste libre en solution peut déterminer la quantité de produit d'adsorption comme la sélectivité des solides par rapport aux composés dans un mélange [7].

Quatre grandes catégories sont à distinguer: S (Sigmoïde), L(Langmuir), H (haute affinité) et C (partition constante) [8].

I.5.1. Classification des isothermes d'adsorption :

Lorsque l'adsorbant et l'adsorbat sont en contact, l'équilibre thermodynamique se dépose entre les molécules adsorbées à la surface de l'adsorbant et les molécules présentes phase fluide.

L'isotherme d'équilibre d'adsorption est la courbe caractéristique au nombre des molécules adsorbées par unité de masse d'adsorbant pour une température donnée en fonction de la concentration dans la phase fluide. L'allure de cette courbe fait environ Mécanismes mis en jeu:

adsorption monocouche ou multicouche, interactions entre adsorption moléculaire ou non. De nombreux modèles ont été développés afin de les représenter [9]. Cette classification a été proposée par Giles et al en 1974 [10] et implique solubilité limitée, Elle est basée sur la forme de la partie initiale de la courbe, selon laquelle les isothermes d'adsorption ont été divisées en quatre catégories [11].

S (Sigmoïde), L (Langmuir), H (Haute affinité) et C (partition Constante), cette classification tient compte d'un certain nombre d'hypothèses [12] :

▪ Le solvant s'adsorbe aux mêmes sites que le soluté. Ça veut dire qu'il y a compétition d'adsorption entre solvant et soluté.

▪ Le nombre de sites susceptibles d'accueillir les molécules de soluté à la surface du solide diminue quand la quantité adsorbée augmente.

▪ Orientation des molécules sur la surface. On peut citer que la molécule s'accroche aux surfaces verticalement ou horizontalement.

▪ Enfin, des interactions attractives ou répulsives entre molécules adsorbées se manifeste remarquablement dans le phénomène d'adsorption

Classe S : isothermes de cette classe présentent une concavité tournée vers le haut. Les molécules adsorbées favorisent l'adsorption ultérieure d'autres molécules (adsorption coopérative), Ceci est due aux molécules qui s'attirent par des forces de Van Der Waals et se regroupent en ilots dans lesquels elles se tassent les unes contre les autres [13].

Classe L: Le modèle de Langmuir ‹‹ standard››, indique une adsorption à plat de molécules bi fonctionnelles. Le rapport entre la concentration dans la solution aqueuse et adsorbée diminue lorsque la concentration du soluté augmente, décrivant ainsi une courbe concave, cette courbe suggérant une saturation progressive de l'adsorbant [13].

Classe H: Ne commence pas à zéro mais à une valeur positive, indique une haute affinité, souvent observé pour des solutés absorbés sous forme de micelles. Signifie qu'aux faibles concentrations l'adsorption est totale [13].

Classe C: Les isothermes de cette classe se caractérisent par une partition constante entre la solution et le substrat jusqu'à un palier. La linéarité montre que le nombre de sites libres reste constant au cours de l'adsorption. ça signifié que les sites sont créés au cours de l'adsorption. Ce qui implique que les isothermes de cette classe sont obtenues quand les molécules de soluté sont capables de modifier la texture du substrat en ouvrant des pores qui n'avaient pas été ouverts préalablement par le solvant [13].

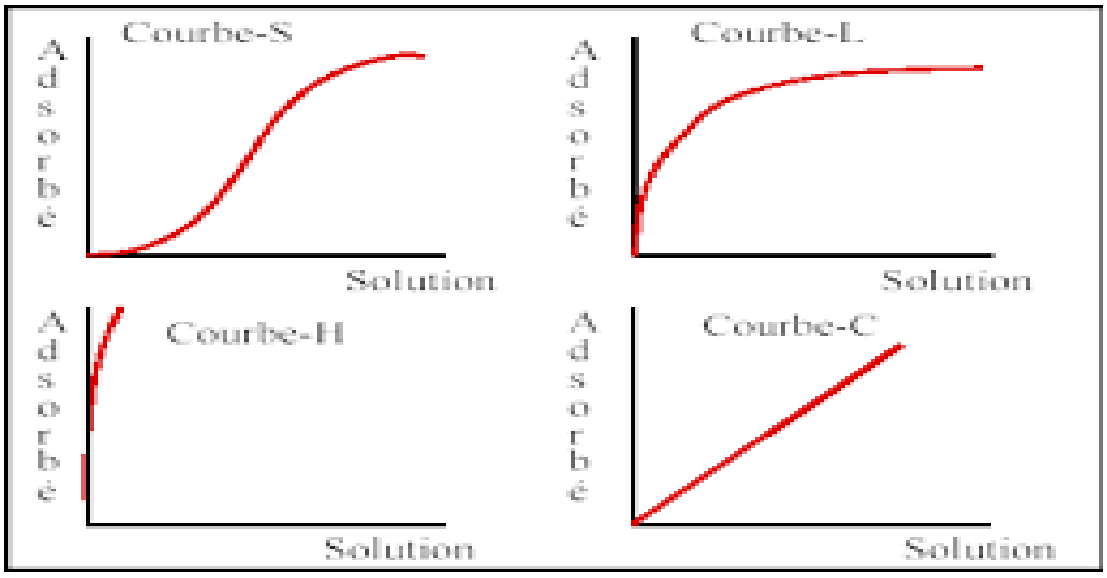


Figure I.4: Types des isothermes d'adsorption [14].

I.5.2. Modèles des isothermes :

La capacité des adsorbants à adsorber des différents composants dans un mélange consiste au Facteur le plus déterminant de la performance de la plupart des procédés d'adsorption, Il faut donc bien connaître la nature de l'équilibre adsorbat-adsorbant. Pour pouvoir concevoir et à régler correctement le processus d'adsorption peut être généralement exprimée par la relation suivante [15] :

$$VQ= (C_0\text{-}Ct).\frac{V}{m} \qquad \textbf{I.1}$$

Q: Capacité d'adsorption du support (mg/g)

Co: Concentration initiale du substrat (mg/l) à l'instant t = 0

Ct: Concentration du substrat (mg/l) à l'instant t du processus d'adsorption

$\boldsymbol{V}$**:** Volume de la solution

$\boldsymbol{m}$ **:** Masse du support (g).

Les isothermes d'adsorption sont des courbes expérimentales représentant substrat adsorbé par unité de poids d'adsorbant en fonction de la concentration ou la pression. Ils sont généralement exprimés sous la forme d'équations mathématiques. Ils ont été obtenus à partir d'expériences réalisées dans des réacteurs statiques [16]. Ils autorisent essentiellement :

➢ Pour déterminer la couverture de la surface du support

➢ Déterminer le type d'adsorption qui peut se produire

➢ Sélectionnez l'adsorbant le mieux adapté à la rétention de l'adsorbat

Cependant, il convient de mentionner que les isothermes d'adsorption n'expliquent pas mécanisme d'adsorption. Ils ne conduisent qu'à des comparaisons de différents systèmes entre eux , Les plus utilisés sont les deux modèles de Langmuir et de Freundlich

I.5.2.1 Isotherme de Langmuir *:*

L'adsorption de Langmuir est principalement utilisée pour décrire l'adsorption observée, mais aussi pour quantifier et comparer la capacité d'adsorption des différents adsorbants. L'isotherme de Langmuir explique la couverture de surface en équilibrant les vitesses relatives d'adsorption et de désorption (équilibre dynamique). L'adsorption est proportionnelle à la proportion de surface d'adsorbant ouverte, tandis que la désorption est proportionnelle à la proportion de surface d'adsorbant couverte. L'équation de Langmuir est fondée sur les hypothèses suivantes [17] :

- La surface de l'adsorbant est homogène.
- L'adsorbant a une capacité finie vis-à-vis de l'adsorbat.
- Il n'y a pas d'interaction entre les molécules adsorbées sur des sites voisins (énergie d'adsorption constante).

L'équation de Langmuir peut être écrite sous la forme linéaire suivante :

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{Q_m K_L} + \frac{C_e}{Q_m} \qquad \textbf{I.2}$$

$\mathbf{Q}_e$: est la quantité de soluté adsorbé à l'équilibre (mmol.g^{-1}).

$\mathbf{Q}$m : la capacité maximale d'adsorption (mmol.g^{-1}).

K_L: la constante de Langmuir (L.mmol^{-1}).

C_e: la concentration du soluté à l'équilibre dans la solution (mmol.L^{-1})

En traçant $\frac{C_e}{Q_e}$ en fonction de (C_e) on obtient une droite de pente $\frac{1}{Q_m}$ et d'ordonnée à l'origine $\frac{1}{Q_m K_L}$

cela permet la détermination des deux paramètres d'équilibre de l'équation $\mathbf{Q}$m et K_L.

Les caractéristiques de base de l'isotherme de Langmuir peuvent être exprimées par une constante sans dimension appelée facteur de séparation $\mathbf{R_L}$

$$\mathbf{R_L} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{1 + K_L C_o}}$$

Où $\mathbf{K_L}$ est la constante de Langmuir (mg/g) et $\mathbf{Co}$ est la concentration initiale en adsorbat (mg/g). $\mathbf{R_L}$ c'est la valeur qui montre que l'adsorption est défavorable à $\mathbf{R_L}$ >1, linéaire à $\mathbf{L = 1}$, favorable à **0< $\mathbf{R_L}$ <1,** et irréversible à $\mathbf{R_L = 0}$ **. [17]**

I.5.2.2. Isotherme de Freundlich :

L'isotherme de Freundlich convient aux processus d'adsorption se produisant sur des surfaces hétérogènes. Cette isotherme donne des expressions qui définissent l'hétérogénéité de surface et la distribution exponentielle des sites actifs et de leurs énergies. La forme linéaire de l'isotherme de Freundlich est la suivante [18].

$$\log \mathbf{Q_e} = \log \mathbf{Kf} + \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{n}} \log \boldsymbol{C_e} \qquad \mathbf{I.3}$$

$\mathbf{Q_e}$: Quantité adsorbée par gramme du solide (mg/g).

$\boldsymbol{C_e}$**:** Concentration de l'adsorbât à l'équilibre d'adsorption (mg/l).

Kf et $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{n}}$: constantes de Freundlich caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant donné vis à-vis d'un soluté donné.

En traçant $\log \mathbf{Q_e}$ en fonction de $\mathbf{Log}\boldsymbol{C_e}$, on obtient une droite de pente $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{n}}$ et d'ordonnée à l'origine $\log \boldsymbol{Kf}$.

La forme de l'isotherme dépend de la valeur de $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{n}}$ et peut fournir des informations clés en ce qui concerne les mécanismes régissant l'adsorption des composés sur les solides. Selon la valeur $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{n}}$ différent la forme de l'isotherme définie précédemment ; on distingue donc :

$\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{n}}$ = 1 isotherme linéaire de type C ;

$\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{n}}$ > 1 isotherme concave en S ;

$\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{n}}$ < 1 isotherme concave en L

$\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{n}} \ll 1$ isotherme de type H.

Une valeur élevée de Kf signifie que la capacité d'adsorption de la phase solide est importante, alors que la valeur de 1/n inférieure à 1 indique le processus d'adsorption est favorable [19].

I.6. Facteurs influençant l'adsorption [20,21] :

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

a. Facteurs liés à l'adsorbant :

-Nature du groupe fonctionnel.

- Surfaces spécifiques.

-Répartition de la taille des pores.

- Masse de l'adsorbant

b. Facteurs liés à l'adsorbat

- Solubilité de l'adsorbat

- Polarité.

- Masse molaire.

-Taille des particules

c. Facteurs liés aux conditions opératoires

-pH

- Température ambiante.

- Vitesse d'agitation du milieu réactionnel.

- Temps de contact de l'adsorbat avec l'adsorbant.

I.7. Cinétique d'adsorption :

La cinétique d'adsorption est définie par l'évolution de la capacité d'adsorption en fonction du temps de contact adsorbant-adsorbat, suivie d'études cinétiques le processus d'adsorption a une importance pratique considérable, il donne des informations sur le mécanisme d'adsorption et comment les solutés sont transférés de la phase liquide (adsorbat) à la phase solide (adsorbant)[22].

I.7.1 Modèles cinétiques d'adsorption :

Pour modéliser la cinétique d'adsorption de solutés sur des surfaces solides, plusieurs modèles décrivant la diffusion des solutés à travers les surfaces et les pores des particules ont été développés [23]. Parmi les modèles de cinétique d'adsorption, il existe quatre modèles qui sont souvent utilisé pour traiter des données expérimentales en termes de composition, Le taux d'adsorption du milieu à l'instant **t** est déterminé par la différence entre les états, Le système à cet

instant **t** et son état d'équilibre lors de la diffusion, le taux d'adsorption qu'est déterminé par diffusion moléculaire [23].

I.7.1.1. Modèle de la cinétique du pseudo premier ordre :

Une équation de pseudo-premier ordre, connue sous le nom d'équation de Lagergren (1898), décrit l'adsorption dans les systèmes solide-liquide [24]. La vitesse est supposée dans ce modèle. La quantité d'adsorption au temps (**t**) est proportionnelle à la différence entre la quantité **qt** adsorbée à l'équilibre, **qe** et **qt** de la quantité adsorbée à ce moment et l'adsorption est réversible [15]. En d'autres termes, l'adsorption est d'autant plus rapide que le système s'éloigne de l'équilibre. Le système peut être décrit par la relation suivante [24] :

$$dq/dt = K_1 (qe - qt) \qquad \textbf{I.4}$$

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

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

K1 : Est un paramètre de vitesse qui a la dimension de l'inverse du temps (t). Dans cette relation, L'intégration de l'équation (1) donne:

$$\log (qe - qt) = \log qe - k1/2{,}303 \times t \qquad \textbf{I.5}$$

I.7.1.2 Modèle de la cinétique du pseudo deuxième ordre :

Les modèles de pseudo-second ordre sont généralement utilisés pour décrire des phénomènes adsorption de type chimisorption et s'exprime selon l'équation suivante [25].

$$dq/dt = K_2 (qe - qt)^2 \qquad \textbf{I.6}$$

Tel que:

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

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

K2: constante de vitesse du modèle cinétique du second ordre ($mg.g^{-1}.min^{-1}$).

L'intégration de cette équation entre **0** et **t** pour le temps et entre **0** et **qt** pour la quantité Adsorbée permet d'obtenir la forme linéaire du modèle de pseudo seconde ordre:

$$t/qt = (1/k2.qe^2)\, t + 1/qe$$

Le tracé la courbe (**t/q**) en fonction de **t** permet de déterminer la constante **K2** et la quantité adsorbée à l'équilibre **qe**

I.7.1.3 Modèle de la diffusion intra particule :

Weber et Morris [26] ont proposé le modèle de diffusion intra particulaire moléculaire doit migrer par diffusion dans le liquide et pénétrer axialement dans les pores. En cours de route,

il est partiellement équilibré le long du périmètre du port, offrant adsorption. Elle est représentée par l'équation suivante : **qt =Kint1/2**

Kint*:* La constante de la diffusion intra particule en (mg /g min). La constante **Kint** est déduite de la pente de la partie linéaire de l'équation représentant ce modèle.

I.7.1.4 Modèle d'elovich :

Le modèle d'Elovich (1962) [27] est basé sur une expansion dynamique basée sur des hypothèses que les sites d'adsorption augmentent de manière exponentielle avec l'adsorption. L'équation d'Elovich est a également été utilisé avec succès pour décrire la cinétique du second ordre, en supposant les surfaces solides réelles sont énergétiquement érogènes. Forme linéaire de cette Équation [27]. Cela dépend de **α** et du **β**. Qu'est-ce que le coefficient d'Elovich, qui représente respectivement le taux d'adsorption initial et la constante de désorption, Le coefficient d'Elovich est calculé à partir d'un graphe de **qt** versus **ln(t),** Représentation linéaire de l'équation d'Elovieh montrant la cinétique d'adsorption. Il peut être représenté par l'équation [27].

$$qt = (1/\beta)*\ln(\alpha*\beta) + (1/\beta)*\ln(t) \qquad \text{I.7}$$

α: La vitesse initiale d'adsorption (min.mg/g).

β: La constante de désorption (g/mg)

I.8. Domaine d'application de l'adsorption :

Les principales utilisations de l'adsorption sont :

➢ Séparation des gaz : cette opération permet la déshumidification de l'air ou d'autres substances gaz, éliminer les odeurs de gaz ou les impuretés, récupéré les solvants et fractionnement des hydrocarbures volatils.

➢ Séparation Liquide : Cette opération éliminé les traces d'humidité d'essence, décoloration des produits pétroliers et solutions contaminées

➢ Traitement des eaux de différentes industries (alimentaire, textile, etc.)]

I.9 Définition d'un adsorbant :

Les adsorbants sont des solides microporeux présentant des surfaces par unité de masse importantes (de 100 m^2 /g et jusqu'à ou plus de 1000 m^2 /g) afin de maximiser la capacité d'adsorption (quantité adsorbée par unité de masse d'adsorbant) [28].

Il y a plus de matériaux adsorbants disponibles lors de l'adsorption liquide/solide. Chaque type d'adsorbant, conventionnel ou non, possède des avantages et des inconvénients. Le problème qui

se pose est les matériaux sont sélectionnés en fonction du type de solution à purifier. Ce choix est souvent les compromis et ces propriétés primeront selon l'application recherchée. Généralement, si comme nous l'avons dit précédemment, le choix du matériau est entièrement basé sur celui-ci : La capacité à purifier une solution, c'est-à-dire son efficacité (forte rétention).

Le choix de l'adsorbant dépend d'un certain nombre de critères à commencer par sa capacité d'adsorption et la cinétique aussi, La capacité d'adsorption est elle-même en fonction de la concentration de l'adsorbat et les conditions opératoires pendant le processus d'adsorption (température, pression, composition du gaz à traiter, etc.). Un autre critère très décisif est le degré de sélectivité souhaitée. Les propriétés mécaniques et thermiques de l'adsorbant doivent également être considérez : la résistance mécanique, la chaleur d'adsorption, la résistance thermique, La conductivité... Enfin le prix de l'adsorbant est aussi l'un des principaux critères pour bien choisir l'adsorbant [28]

I.10 Principaux types d'adsorbants :

I.10.1. Alumines activées :

L'alumine activée est obtenue par la pyrolyse rapide du tri hydroxyde d'aluminium, Al(OH)3, avec une structure poreuse créée par la séparation des molécules d'eau. La surface des pores est recouverte de groupes Al-OH et l'adsorption se fait préférentiellement par liaison hydrogène. Les alumines activées sont des adsorbants amorphes, moyennement polaires et hydrophiles. Ils ont une surface spécifique de 300 m2 /g.[29]

I.10.2. Zéolites :

Les zéolithes sont des aluminosilicates cristallins microporeux avec une formulation globale (AlO2M, nSiO2) où M représente généralement un métal alcalin ou alcalino-terreux, n1. Il existe plus de 100 types de zéolithes avec différentes valeurs n et structures cristallographie. La présence de cations dans les micropores crée un champ électrique de l'ordre de 1010 $V.m^{-1}$, ce qui fait de ces objets de puissants adsorbants polaires [30].

I.10.3. Gels de silice *:*

Les gels de silice sont préparés à partir de $Si(OH)_4$ en phase aqueuse, obtenu par acidification de silicate de sodium, ou à partir de sols de silice (mis en suspension dans un liquide tel que l'eau), de particules (20 à 100 nm), appelées micelles, stables car elles sont trop faibles sans sédimentation), ou par hydrolyse d'alcoxysilanes. La solution fluide résultante n'a pas mis longtemps à polymériser, ce qui a permis au gel de conserver sa structure lâche après rinçage et séchage. Les groupes Si-OH conduisent à des liaisons hydrogène. Il existe deux types de silice :

la silice microporeuse, qui est très hydrophile, et la silice macroporeuse, qui sont polyvalentes et, comme leur nom l'indique, diffèrent par leur taille de pores [31].

I.10.4. Argile activée :

L'argile activée est un aluminosilicate de formule moléculaire proche de celle de la zéolithe, Mais la structure cristalline est différente. Ce sont des produits naturels principalement utilisés dans séchage.[32]

I.10.5 Charbons actifs:

Le charbon actif est préparé par pyrolyse de matières carbonées, charbon ou matière végétale qui produit du charbon de bois, qui est ensuite oxydé la vapeur d'eau forme une structure microporeuse dans des conditions contrôlées. ça existe des centaines de qualités de charbon actif, selon le précurseur et les conditions traiter. On trouve également des charbons actifs dits "chimiques" car ils s'activent lorsqu'ils sont exposés à la chaleur. En présence de produits chimiques déshydratants, d'acide phosphorique ou de chlorure de zinc. Le charbon actif est un adsorbant organophile amorphe. Leur structure n'est donc pas régulière, pas comme le cristal. Cette structure amorphe conduit à la distribution taille continue des pores, sa distribution (différence entre minimum et maximum valeur) peut atteindre plusieurs ordres de grandeur[33].

I.10.6 Bio-adsorbants :

L'idée d'utiliser des substances naturelles appelées bio-adsorbants (bio-produits, bio-polymères) pour le traitement des eaux n'est pas nouvelle puisqu'ils sont utilisés en Inde, en Afrique et en Chine pour clarifier l'eau depuis plus de 2000 ans (Crini et Badot, 2007) [34]. Ces ressources présentent de nombreux avantages et des propriétés intéressantes. Elles sont abondantes, renouvelables, biodégradables et peu coûteuses. D'un point de vue chimique, elles contiennent des chaînes macromoléculaires porteuses de nombreuses fonctions chimiques très réactives.

Les bio-adsorbants sont des charpentes organiques, principalement composées de Polysaccharide, formule générale Cx(H2O). Les bio-adsorbants tels que les noix sont souvent disponibles au niveau des fermes installations agricoles et industrielles, notamment agro-alimentaires [35].

I.11 Domaines d'utilisation des Bio-adsorbants :

La liste des bio-absorbants est très variée ; comprend la tourbe, les résidus, Les produits agricoles tels que les coques de noix de coco, les déchets de l'industrie du bois tels que la sciure de bois, les biomasses constituées de microorganismes vivants ou morts, les bio-polymères ou encore les algues et les plantes aquatiques. En effet, une des propriétés intéressantes de ces substances liées

à leur capacité à interagir avec d'autres molécules par leur structure chimique cela permet notamment d'entrevoir la capacité à complexer, chélater ou adsorber [36,37]. .

Les récentes décennies ont en effet vu la publication de nombreux travaux relatifs à l'utilisation des sous-produits industriels et des déchets agricoles comme supports d'adsorption, tels que les coquilles vertes des noix de coco, aiguille de pin, écorces de pin, cornet de pin, feuilles de chêne, coquilles des noix, coquilles d'arachide, paille de riz, déchet du thé vert pour le traitement d'effluent contenant des métaux lourds , la poudre des écorces de soya pour l'adsorption de colorants [38], pour la fixation des ions métalliques, les épluchures de grenadier [39], déchet de thé [40], cendre d'enveloppe de riz [41]; pour l'élimination de colorants basiques, les tiges de banane [42], la sciure de bois [43], des écorces d'ail [44], marc de café [45], de papaye [46], des fibres marines [47]…

Dans nombreux de cas, ces matériaux ont été utilisés avec succès, avec dans certains cas des capacités et vitesses d'adsorption assez proches de celles des charbons actifs commerciaux, Par conséquent, les bio-adsorbants sont des candidats potentiels à la synthèse de nouveaux filtres organiques adsorbants qui occupent une place de choix et font l'objet de nombreuses études prometteuses.

Beaucoup de travaux sont déjà effectués en utilisant des matériaux naturels, à tire d'exemple les dérivés de déchets agricoles comme supports d'adsorption, on montre quelques exemples dans le tableau suivant :

Tableau I.2: des exemples sur les bio-adsorbants

Polluants	**Bio-adsorbants**	**Qmax(mg g-1)**	**Références**
bleu de méthylène	tourbe	238,1	[48]
huile	pelures d'oignons	385,45	[49]
safranine	résidus de riz	838	[41]
indigo carmine	boues d'épuration	16,1	[50]
phénol	Coquille des noix	26.31	[51]

Référence bibliographie :

[1] WUITHIER P, Raffinage et génie chimique, Édition Technip. Paris, 1972.

[2] RAGHAVACHARYA C, Chem. Eng. World 32, 1997.

[3] POPESCU M, BLANCHARD J, CARR J, Analyse et traitement physicochimique des rejets atmosphériques industriels. Émission, fumées, odeurs et poussières, Édition Lavoisier Technique et Documentation, 1998.

[4] RUTHVEN D.M, principles of adsorption and adsorption process, Ed. WILEY J, New York, 1984.

[5] ARUN BHAL B, BAH S, TULI G.D, Essentials of Physical Chemistry, CHAND S, and Company Ltd., New Delhi, 2012.

[6] ANONYME. Etude sur les coûts de la réduction des rejets de substances toxiques. Fiches Traitements, adsorption, pp : 2.

[7] ERRAIS E, Réactivité de surface d'argiles naturelles Etude de l'adsorption de colorants anioniques, diplôme de Docteur, Université de Strasbourg, 2011.

[8] YAACOUBI A, MAZET M, DUSART O, Compétition d'adsorption de deux solutés sur charbon actif : cas du dodecyl sulfate de sodium, des alcools, des phénols, Water research, 25, p 929 , 1991.

[9] KUSHWADA S, an insight in to the production characterization and mechanism of action of low-cost for remouval 143-549, 2013.

[10] LAGREGREN S, Zur theorie der sogenennten adsorption geloster stoffe, Kungliga Svenska vetenskademiens.Handlingar, 24 p 1-39, 1898.

[11] BENALI A, Préparation des composites argile chitosane, Application a la rétention des colorants, Mémoire de Master, Université Abou-Bakr Belkaid – Tlemcen, 2013.

[12] ABID O, Adsorption par le charbon actif de micropolluants organiques en solutions Aqueuse, Thèse Institut Nationale polytechnique de Toulouse, 1987.

[13] MING SUN L, MEUNIER F, Adsorption: aspects théoriques ; technique de l'ingénieur,- Opérations Unitaires- Génie de la réaction chimique, traité Génie des procédés, J2730,p1-8, 2003.

[14] RAOUL C, Pesticides dans le sol .Editions France Agricole, 2005.

[15] DIPAET C, 2002 ; AVOM ET COLL, 2001

[16] HADDAK N, IDIRENE M, and BOUNOURIB Y, Elimination du vert de malachite en solution aqueuse par un adsorbant. Mémoire Master, Université Abderrahmane Mira-Bejaia, 2018.

[17] LANGMUIR, The constitution and fundamental properties of solids and liquids. Part I. Solids, Journal of the American Chemical Society 38, 2221, 1916.

[18] FREUNDLICH H, An adsorption in solutions, Phys.Chem, 1906.

[19] ZEMOURI K, ZOUGAGH D, Etude de l'adsorption de colorants organiques (Bleu de Méthylène et Méthyle Orange) sur les coquilles de noix de coco, Mémoire master, Université Abderrahmane MIRA de Bejaia 2019.

[20] PERRAT C, Devenir des pesticides dans les sols : Validation des méthodes d'analyse et isothermes d'adsorption, Mémoire de DEA, INSA Lyon, France, 2001.

[21] MEKAOUI M, Etude de l'adsorption, de la persistance et de la photo dégradation de l'herbicide Tribenuron Méthyle (TBM) dans le sol et l'eau, Thèse de Doctorat, Université de Rabat, Maroc, 2001.

[22] ERRAIS E, Réactivité de surface d'argile naturelles: Etude de l'adsorption de colorants anioniques, Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg, France, 2011.

[23] LASHEEN M.R , El SHERIF I.Y, SABRY D.Y, El WAKEEL S.T et El SHAHAT M.F, 2 «Removal of heavy metals from aqueous solution by multiwalled carbon nanotubes: equilibrium, isotherms, and kinetics», Desalination and Water Treatment,1-10, 2013.

[24] CASSAN PH, BAGLIN A, FRIT D, Les hyperoxaluries. Revue de médecine 17, (cinetique bendada) p 803-808, 1976.

[25] KESSOUM M, « Etude de la cinétique et de la thermodynamique d"adsorption de composés phénoliques en monosolutés et en mélange sur charbon actif », Université d'Orléans

[26] ETTLILI N, Procédé d'adsorption avec régénération électrothermique pour la capture du dioxyde de carbone en post-combustion, Thèse du doctorat , L'institut national polytechnique de lorraine, 2008.

[27] GUPA S, BHATTACHARYYA K.G, Adsorption of Ni(II) on clays, j, Colloid, Int,sci, 295, 21-32, 2006.

[28] GUPA S , BHATTACHARYYA K.G , Adsorption of Ni (II) on clays, j, Colloid, Int,sci, 295, 21-32. 2006

[29] BELLE J.P, JERSALE C, Elimination des fluorures par adsorption sur alumina active, TC. A.S.M, p 87-93, 1984.

[30] BARRER Z , CLAY M, adsorbent and moléculaire SIEVES

[31] MORENO C.C, Adsorption of organique molécules frome aqueuse solution on carbone matériaux, carbone, 42, 83, 94, 2004.

[32] MADANI M.A, Adsorption d'un colorant basique (Bleu de méthylène) Sur différents adsorbants (charbon actif en poudre, charbon en grain et la bentonite), Mémoire de Master, Université Mohamed khaider-Biskra, Juin 2014.

[33] GHALI S, étude de carbonisation d'un précurseur végétale, les noyaux d'olives. Utilisation dans le traitement des eaux Mémoire de Magister, 2008.

[34] SID NABI A, étude Valorisation des déchets agroalimentaires (cas des coquilles de noix et grains d'olives) Mémoire magister

[35] AYHAN D, "Heavy metal adsorption into agro-based waste materials a review", Journal of Hazardous Materials 157, 220–229

[36] GABRIELA H, Luciana Maria Souza de Mesquita, Mauricio Leonardo Torem, Gustavo Adolfo Saavedra Pinto, Biosorption of cadmium by green coconut shell powder, Minerals Engineering 19, 380–387, 2006.

[37] DONGHEE P, SEONG R, YEOUNG S.Y, JONG M. P, Reliable evidences that the removal mechanism of hexavalent chromium by natural biomaterials is adsorption-coupled reduction, Chemosphere 70, 298–305, 2007.

[38] MOKHTAR ARAMI, NARGESS YOUSEFI LIMAEEN, NIYAZ MOHAMMAD MAHMOODI, NOOSHIN SALMAN TABRIZI, Equilibrium and kinetics studies for the adsorption of direct and acid dyes from aqueous solution by soy meal hull, Journal of Hazardous Materials B135, 171–179, 2006.

[39] AMIT BHATNAGAR A.K, Minocha. Biosorption optimization of nickel removal from water using Punica granatum peel waste, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 76, 544–548, 2010.

[40] KAILAS L. WASEWAR, ATIF M, PRASAD B, MISHRA I.M. Batch adsorption of zinc on tea factory waste, Desalination 244, 66–71, 2009.

[41] TARUN K.N, ASHIM KUMAR B, SAILENDRANATH M, SUDIP K.D, The sorption of lead (II) ions on rice husk ash, Journal of Hazardous Materials 163, Références bibliographiques 132 1254–1264, 2009.

[42] HAMEED B.H, MAHMOUD D.K, AHMAD A.L, Sorption equilibrium and kinetics of basic dye from aqueous solution using banana stalk waste, Journal of Hazardous Materials 158, 499–506? 2008.

[43] RAFATULLAH M, OTHMAN S, HASHIM R, ANEES A, Adsorption of methylene blue on low-cost adsorbents: A review, Journal of Hazardous Materials 177, 70–80, 2010.

[44] HAMEED B.H, AHMED A.A, Batch adsorption of methylene blue aqueous solution by garlic peel, an agricultural waste biomass, Journal of Hazardous Materials 164, 870– 875, 2009.

[45] ADRIANA S, FRANCA, LEANDRO S, OLIVEIRA, MAURO E. FERREIRA, Kinetics and equilibrium studies of methylene blue adsorption by spent coffee grounds, Desalination 249, 267–272, 2009.

[46] EMMANUEL I. UNUABONAH, GILBERT U, ADIE, LORA O, ONAH, OLALERE G, ADEYEMI, Multistage optimization of the adsorption of methylene blue dye onto defatted Carica papaya seeds, Chemical Engineering Journal 155, 567–579, 2009.

[47] NACIBI M.C, BEN HAMISSA A.M, FATHALLAH A, KORATS M.H, BAKLOUTI T, MAHJOUB B, SEFFEN M, Biosorptive uptake of methylene blue using Mediterranean green alga Enteromorpha spp, Journal of Hazardous Materials 170, 1050–1055, 2009.

[48] NEYES FERNANDES A, POLICIANO ALMEIDIA C.A, DEBACHER N.A, de SOUZA SIERRA M.M, Isotherm and thennodynamic data of adsorption of methylene blue from aqueous solution onto peat. Journal of Molecular Structure 982. 62-65, 2010.

[49] SAYED S.A, ZAYED A.M, Investigation of the effectiveness of some adsorbent materials in oil spill clean-ups. Desalination 194, 90-100, 2006.

[50] GUTIERREZ SEGURA E, SOLACHE RIOS M, COLIN CRUZ A, Sorption of indigo carmine by a Fezeolitic tuff and carbonaceous material from pyrolyzed sewage sludge. Journal of Hazardous Materials 170, 1227-1235, 2009.

[51] BECHKI M.K, PREPARATION OF CHEMICALLY ACTIVE CARBONS BY HYDROCHLORIC ACID BASED ON NUT SHELLS, 01 May 2018

CHAPITRE II
Généralités sur les Colorants

Introduction

Tous les colorants sont dérivés de 5 matériaux de base, benzène, toluène, Le xylène, le naphtalène et l'anthracène ont tous été extraits à l'origine de la houille [1]. Les colorants ont été utilisés dans presque tous depuis l'aube de l'humanité, ils ont été appliqués dans les domaines de notre vie quotidienne pour peindre et teindre le papier, la peau et vêtements.

Jusqu'au milieu du XIXe siècle, les teintures appliquées étaient originales naturelle. Pigments inorganiques tels que l'oxyde de manganèse, l'hématite, l'ancre etc. a été utilisée de plus, Les colorants organiques naturels ont été utilisés en particulier dans l'industrie de textile. Les colorants sont dérivés de composés aromatiques principalement des plantes, comme l'alizarine, l'indigo. L'industrie de la teinture synthétiques a commencé en 1856, lorsque le chimiste britannique W. H. dans une tentative de synthèse de la quinine artificielle pour soigner la malaria a obtenu le premier matériau colorant synthétique qu'il a appelé "mauve" (aniline, un colorant basique). Début du 20ème siècle, les colorants synthétiques ont presque complètement remplacé les colorants naturels [2].

II.2. Définition d'un colorant

Un colorant est un matériau coloré par lui-même qui peut être fixé sur un support. La couleur des différentes substances est plus ou moins liée à leur composition chimique. En effet, un colorant est un objet capable d'absorber certains rayonnements lumineux et reflètent ensuite la couleur complémentaire. Les colorants en générale, ce sont des composés organiques avec trois groupes de base dans la molécule : chromophore, auxiliaires et la matrice. Le site actif du colorant est le chromophore, qui peut être attribué à la position spatiale des atomes absorbent l'énergie lumineuse. Un chromophore est constitué de groupes d'atomes les plus classiques sont nitro (─NO_2), diazote (─N═N─), nitrose(─N═O), Thiocarbonyle (─C=S), carbonyle (─C=O) et alcène (─C=C─). L'absorption des ondes électromagnétiques produites par le chromophore sont dues à une excitation électronique moléculaire. Les molécules qui les contiennent deviennent chromogènes. Les molécules chromogéniques n'ont pas la teinture est plus possible qu'en ajoutant d'autres groupes d'atomes appelés "auxochrome ". Ces groupes auxochromes peuvent fixer les colorants et peuvent changez la couleur du colorant. Ils peuvent être acides (COOH, SO_3, OH) ou basiques (NH_2RNH, NR_2). Les atomes restants de la molécule correspondent à la matrice qui est la troisième partie du colorant [3].

II.3. Classification des colorants :

Le domaine des teintures n'obéit à aucune règle absolue. Il existe des grandes difficultés dans la classification rationnelle des pigments organiques. Certains auteurs regroupent ces colorants selon leur composition chimique, en tenant compte de la nature des chromophores qui les composent : azoïque, anthraquinone, triarylméthane, et phtalocyanine etc. d'autres selon la variété des techniques appliquées regroupez-les [4]: colorants anioniques (acides, mordants acides, colorants directs, colorants réactifs, colorants de cuve, colorants soufrés ect) ou cationiques (basiques). Les noms commerciaux rappellent des couleurs, des utilisations principales ou des noms d'inventeurs. Les chiffres et les lettres qui suivent parfois les noms indiquent des nuances ou certaines propriétés, comme la résistance à la lumière ou à divers agents [5].

II.3.1. Classification technique :

Les colorants utilisés dans l'industrie textile contiennent souvent des groupes acides sulfoniques, les rendant bien solubles dans l'eau et permettant Les molécules de colorant de se liées ioniquementaux sites chargés du réseau polymère du tissu. [6]. Les colorants organiques peuvent être divisés en deux catégories selon leurs synthèses :

- Colorants naturels
- Colorants synthétiques

-a) Les colorants naturels :

Dès 1500 av. J.-C., les Égyptiens utilisaient le safran pour fabriquer des colorants, signifie ... etc.). La plupart des colorants utilisés sont d'origine végétale (bois, racine, fleur, fruit) ou animale, extrait d'insecte comme la cochenille, ou des minéraux comme l'oxyde de fer, même à partir de micro-organisme. Les colorants naturels sont extraits d'éléments naturels par un processus simple tels que le chauffage ou le meulage [7].

-b) Les Colorants synthétiques :

Les Colorants synthétiques et artificielles n'existent pas dans la nature. Ils sont obtenus à partir de réactions chimiques (tartrazine ; jaune de quinoléine…). La plupart de ces colorants sont principalement synthétisés à partir de produits pétroliers, notamment le benzène et ses dérivés (naphtalène $C_{10}H_8$, anthracène $C_{14}H_{10}$, etc.). Sont de plus en plus utilisés dans les industries de la teinture et du textile, grâce à leur synthèse. Il est assez facile synthétiser, ce qui le rend rapide à produire [7, 8].

II.3.2. Classification technologique ou (appellation usuelle)

La classification technologique permet aux utilisateurs de connaître les modes d'application du colorant, donc son domaine d'utilisation, ses propriétés (solubilité, affinité pour quel type de fibre ou de matériau, types de fixation, etc.). Souvent difficile connaître la constitution chimique du colorant car les composants sont gardés secrets chimiquement est généralement préservés [8]. Cette classification comprend trois éléments :

- le nom générique de la classe d'application
- Couleur
- Le numéro chronologique enregistré dans "Collor Index" [9].

II.3.3. Classification chimique :

II.3.3.1. Les colorants azoïques :

Les colorants azoïques sont des composes caractérisés par le groupe fonctionnel azo (-N=N-), unissant deux groupements alkyle ou aryles identiques ou non (azoïquesymétrique et dissymétrique). Suivant le nombre de groupement azo rencontre dans la structure du colorant, on distingue les monoazoïques, les biasazoiques et les polyazoïques [10].

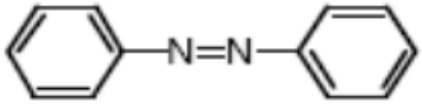


Figure II.1 : Structure moléculaire d'un colorant azoïque [10].

II.3.3.2. Les colorants anthraquinoniques :

D'un point de vue commercial, les colorants anthraquinoniques sont les plus importants après les colorants azoïques. Leur formule générale est dérivée de l'anthracène, indique que le chromophore est un noyau quinone auquel il peut se fixe groupe hydroxyle ou amine. Ces produits sont utilisés pour teindre les fibres Polyester cellulosique, acétate et triacétate.[11]

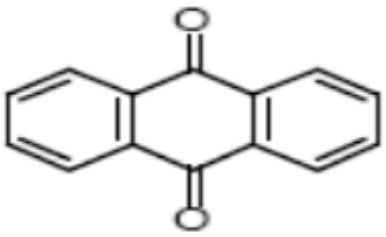


Figure II.2: La molécule anthraquinone. [11]

II.3.3.3. Les colorants indigoïdes :

Les colorants indigoïdes tirent leur nom de leur source, l'indigo, ainsi, les homologues du sélénium, du soufre et de l'oxygène de l'indigo ont des effets significatifs Hypsochromes de couleur orange turquoise. Les colorants indigoïdes sont utilisés comme colorant dans les textiles et comme additif dans les produits pharmaceutiques, la confiserie, et diagnostics médicaux [12,13].

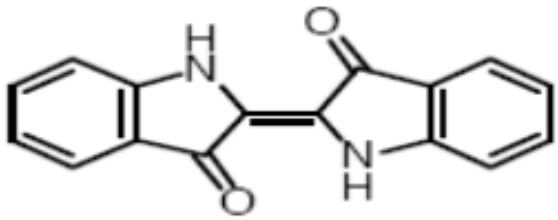


Figure II.3 : Structure chimiques des colorants indigoïdes [14]

II.3.3.4. Les colorants nitrés et nitrosés :

Les colorants nitro et nitrosés sont une classe très limitée de colorants Et plutôt vieux. Ils sont encore utilisés aujourd'hui car ils sont très abordables. Liés à la simplicité de leur structure moléculaire Il se caractérise par la présence d'un groupement nitro (-NO_2) La position ortho (Hydroxyle ou amine) du groupe donneur d'électrons. [15-17]

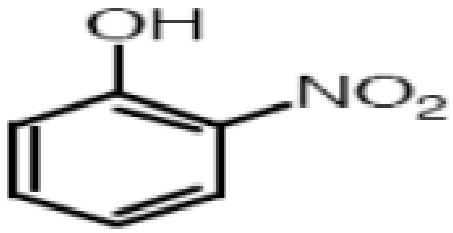


Figure II.4 : Structure chimiques des colorants nitrés et nitrosés [16]

II.3.3.5. Les colorants xanthènes :

Les colorants xanthènes sont des composés qui constituent les dérivés de la fluores céine halogénée. Ils sont fortement fluorescents. Leurs propriétés de marqueurs lors d'accidents maritimes ou de traceurs d'écoulement dans les rivières souterraines, bien que tout est bien. Ils sont également utilisés dans les aliments, les cosmétiques, les textiles et impression [18,19].

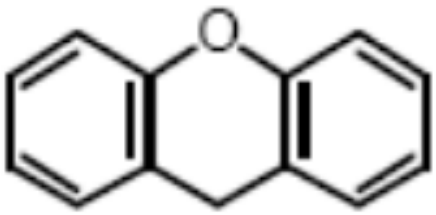


Figure II.5 : Structure moléculaire d'un colorant xanthène [19]

II.3.3.6. Les phtalocyanines :

Les phtalocyanines ont des structures complexes avec un atome métallique central. Ce groupe de colo

rants est constitué de dicyanobenzène en présence de Halogénures métalliques (Cu, Ni, Co, Pt, etc.). Exemple : phtalocyanine de cuivre [20].

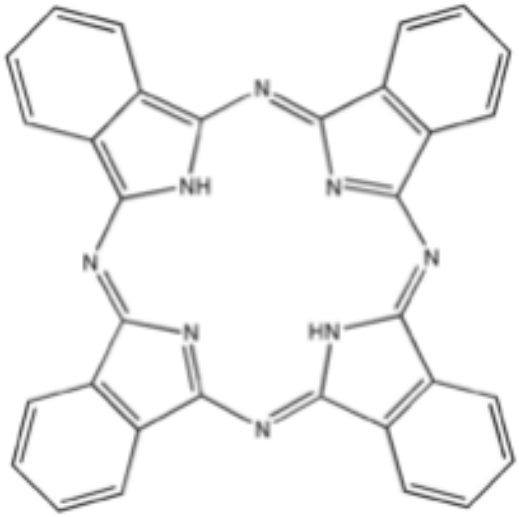


Figure II.6 : Structure chimiques des phtalocyanines [20].

II.3.3.7. Les colorants triphénylméthanes :

Les colorants triphénylméthanes sont dérivés. Le triphénylméthane, qui est un hydrocarbure ; trois cycles de benzène liés à un carbone central. Cette structure de base se retrouve dans beaucoup de composés organiques colorés. Les Colorants triphénylméthane et leurs dérivés .Les hétérocycles sont les plus anciens.[21]

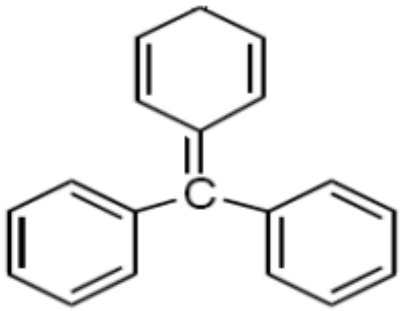


Figure II.7 : Structure chimiques des colorants triphénylméthanes [21]

II.3.4. Classification tinctoriale :

On distingue différentes catégories tinctoriales définies par les auxochromes :

II.3.4.1. Les colorants acides ou anioniques :

Ils conviennent principalement au polyamide (70-75 %) et à la laine (25-30 %). Ils sont constitués d'un chromophore (responsable de l'effet colorant) et d'un ou plusieurs groupements sulfonate leur permettent de se dissoudre dans l'eau [22]. L'affinité des colorants pour les fibres est le résultat de liaisons ioniques entre la partie acide sulfonique du colorant et les groupes amines des fibres textiles telles que rouge Congo [23,24].

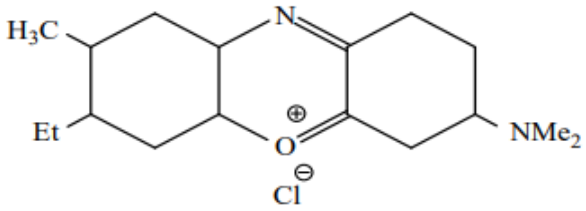


Figure II.8 : Colorant Rouge Congo [24].

II.3.4.2 Les colorants basiques ou cationiques :

Ce sont des sels d'amines organiques avec une bonne solubilité l'eau. Ces colorants ont reçu le nom de colorants cationiques, mais présentent des structures différentes, Forme des liaisons entre les sites cationiques du colorant et les sites anioniques des fibres[25]. En passant de disparition dans la teinture de la laine et de la soie [26]. Ces colorants ont bénéficié d'un regain d'intérêt avec l'apparition des fibres acryliques, sur lesquelles ils permettent des nuances très vives et résistante

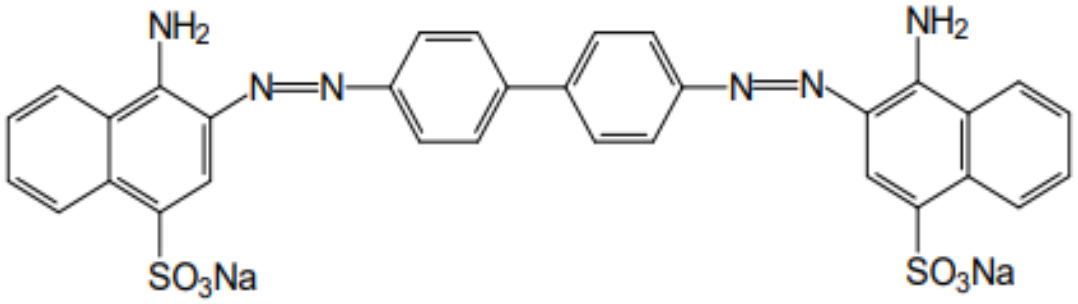


Figure II.9 : Formule développée de bleu de Capri [26].

II.3.4.3. Les colorants directs (substantifs):

Ce sont des colorants de caractère anionique, leur solubilité dans l'eau réduits par l'addition des sels neutres de métaux alcalins (sulfate de sodium, chlorure sodium, etc.), ilssont généralement utilisés pour la teinture tissue de doublure, laine, tapisetc, en effet

Les colorants directs sont solubles dans l'eau et ont une bonne résistance à la lumière [27,28]. Et sont caractérisés par de longues structures moléculaires plates qui permettent à ces molécules de s'aligner avec des macromolécules plates telles que la cellulose, le lin, la laine et le coton.

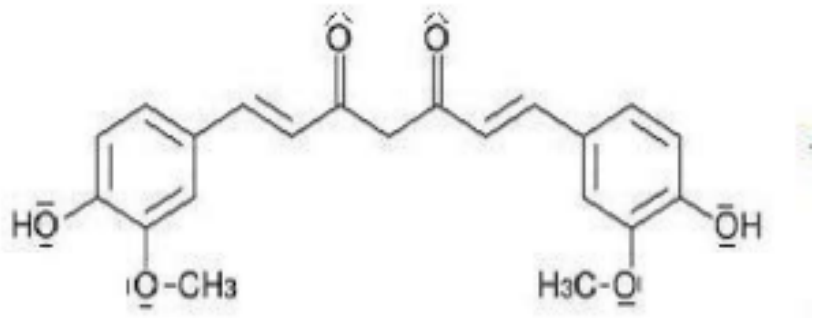


Figure II.10 : Exemple de colorant direct : la curcumine [29].

II.3.4.4. Les Colorants à mordants:

Les Colorant mordants, sont soluble et nécessite un traitement de mordançage Pour pouvoir être fixé aux fibres textiles par des oxydes de certains métaux (aluminium, fer, cobalt et chrome). Cr s'est avéré être le métal le plus couramment utilisé, c'est pour cela sont donc appelés " colorants chromotables". Ils forment également des complexes avec les ions Métalliques, par exemple via des groupes hydroxyle adjacents. Un exemple de ce type de colorants sont présentés à la figure. [30]

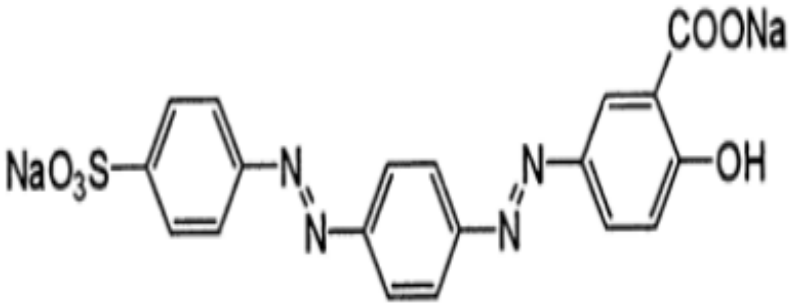


Figure II.11 : Mordant Orange 6(colorant mordant) [30]

II.3.4.5. Les colorants azoïques insolubles :

Les colorants azoïques insolubles, qui sont générés à partir des réactions de diazotation-Copulation. Ils permettent d'obtenir, sur fibres cellulosiques des nuances vives et résistantes.

Ils sont aussi appelés colorants naphtol [31], ils se forment directement sur les fibres de la réaction de deux composés réactifs qui sont appliqués sur l'étoffe en deuxétapes :

La fibre est trempée dans la solution basique d'une composante d'Embrayage : Naphto Ensuite, pour former le colorant, tremper dans une solution saline froide d'un sel de diazonium. Un exemple est représenté dans figure suivante :

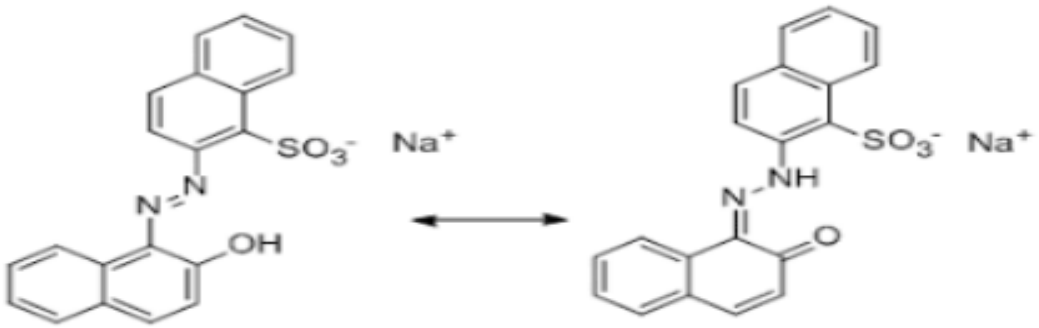


Figure II.12 : Rouge Lithol (Colorant développé) [31]

II.3.4.6. Les Colorants dispersés:

Ils se caractérisent par l'absence de groupes de solubilisation c.-à-d, ils sont insolubles dans L'eau et sont appliqués sous forme d'une fine poudre dispersé dans le bain de teinture, La lenteur de l'absorption du colorant par la fibre nécessite d'augmenter température et pression puis de s'y fixer [32].

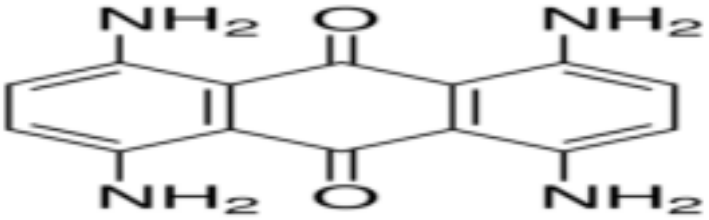


Figure II.13 : Disperse Bleu 1 (colorant dispersé) [14]

II.4. Application des Colorant [32,33]

Les colorants ont de nombreuses applications dans différents domaines dont en voici quelques-uns :

- teinture et impression de diverses fibres et tissus
- teinture au bain de filage de fibres chimiques
- teinture du cuir et de la fourrure
- teinture du papier et du parchemin
- teinture du caoutchouc, des feuilles et des matières plastiques
- teintures adaptées à toutes les techniques de peinture
- préparation de grise chaux pour la pré-coloration et l'enduit des bâtiments
- colorants pour l'impression de papiers peints
- préparation de l'encre
- colorant alimentaire
- colorants à usage médicinal et cosmétique].

II.5. Différents types de colorants :

Perkin a obtenu la mauvéine le premier colorant de teinture synthétique en 1856. Il a été utilisé pour soie et coton. Suivant cet exemple, de nombreux autres colorants ont synthétisé et d'abord nommé d'après les plantes (Amarante, fuchsine, garance, mauvéine etc.), des noms de minerais (Vert Malachite, Auramine, etc.) puis enfin, selon leur structure chimique (acide green 25, violet de méthylène, etc.)[34,35]. Actuellement, les colorants sont classés par couleur, marque, et par leur modalités d'application et les codes qui les caractérisent, ce code est donné par chiffres et lettres tels que B=bleu , R=rouge , Y ou G ou J = jaune cette classification est détaillé dans l'index des couleurs de plus , ces colorants notamment pour les textiles ,classe par code ,indiquant son catégorie , couleur et numéro de série (par exemple green acide AJ 25) dans sens général , la classification des colorants peut également être

effectuée en fonction de leur composition chimique ou à base de domaine application. Pour le dernier point, c'est directement lié à l'intérêt porté par le constructeur pour les teintures [36,37].

II.6. Impacts environnementaux :

De nombreux colorants sont visibles dans l'eau même à de très faibles concentrations. Une grande quantité d'eaux usées contenant des colorants résiduels [38]. Déversement de ces eaux les déchets dans écosystèmes sont une source de pollution, d'eutrophisation et de perturbation inesthétique parmi la vie aquatique et donc potentiellement dangereux Bioaccumulation, peut affecter les humains par transport à travers la chaîne alimentaire.

II.7. Généralités sur l'acide green 25

L'acide green 25 (AG-25) est un colorant anionique sous forme d'une poudre vert foncé, soluble dans l'eau. L'AG 25 est couramment, C'est un colorant acide de la famille des anthraquinoniques utilisé dans l'industrie cosmétique et pharmaceutique aussi il est utilisé dans l'industrie textile pour teindre les fibres de polyamide de laine de soie et d'acrylique. Il est retrouvé dans les effluents causant des problèmes environnementaux évidents [39]. Il est fourni par Acros Organics sous forme solide, on a pric ce colorant par rapport à leur utilisation excessive par les industries et leur présence dans les rejets industriels. En plus de ses nocivités pour l'environnement et l'eau en particule, il est le choix des modèles utilisés comme test pour plusieurs procédés des traitements des eaux il y a beaucoup d'études sur l'élimination de ce colorant par des bio-adsorbants comme le charbon actif qui est d'origine des déchets organiques [40]

Sa structure chimique est représentée sur la figure II.14

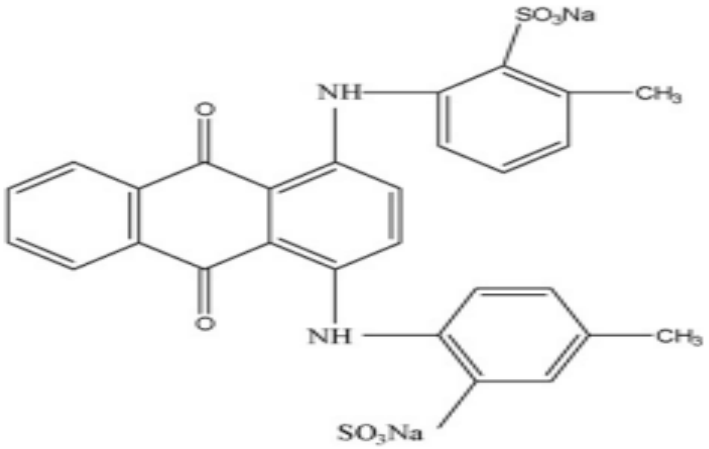


Figure II.14: Structure chimique de la molécule du colorant Acide Green (AG-25)

Les caractéristiques physico chimiques du colorant sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau II.1 : les caractéristiques de l'AG_25 :

Nom technique	Acide green 25, Ag25
Nom scientifique	66'-(1,4-anthraquinonylenemino)
Masse molaire, g/mol	622.58
Formule brute	(C28H22N2O8S2 2Na)
Origine	Synthétique

Référence bibliographie :

[1] VENKATARAMAN K , «The Chemistry of synthetic dyes»,1952.

[2] ROBERT A, CHARVAT C, and ASSOCIATES, Inc Cleveland, Ohio :coloring of plastics, 2004.

[3] ALPHAONSE S, SISLEY P, « Chimie des matieres colorantes artificielles », 1896.

[4] GUILLARD C, LACHHEB H, HOUAS A, KSIBI M, ELALOUI E, HERRMANN J.M, PHOTOCHEM J, PHOTOBIOL, CHEM A, 2003.

[5] BALL A.S, BETTS W.B, MCCARTHY A.J, Degradation of lignin-related compound by Actinomycetes. Appl. Environ. Microbiol, 55, 1642-1644, 1989.

[6] BOUSNOUBRA I, Contribution à l'élimination de colorants (Vert de méthyle et Bromocrésol pourpre) par procédés photochimiques en phase homogène (séparés et mélangés), en phase hétérogène en milieu aqueux et par adsorption (Vert de méthyle) sur ZnO, Thèse du doctorat, Université des frères Mentouri-Constantine1, 2017.

[7] ANONYME « Dermatoses professionnelles aux colorants» le Médecin du travail N˚100, 4éme trimestre, 2004.

[8] GUENDOUZ S, « Biosorption des colorants textiles, Ecarlate Solophényl BNLE et Vert Cibacron par la biomasse sèche de lentilles d'eau », thèse doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, 2014.

[9] SEGHIR B.H, Elimination d'un colorant industriel en solution aqueuse par argile anionique de type hydrotalcite Par mémoire master en chimie 2013 /2014.

[10] GUETTARI S, BENKHATOU K, Elimination D'un Mélange De Colorants Par Les Procèdes D'oxydation Avancée, Mémoire De Master, Université des Sciences et de la technologie d'Oran - Mohamed Boudiaf, 2013/2014.

[11] HAMMAMI S, Étude de dégradation des colorants de textile par les procédés d'oxydation avancée. Application à la dépollution des rejets industriels, Thèse de doctorat, l'université Paris-Est et Tunis el Manar, 12/12/2008.

[12] AL QODAH Z, Adsorption of dyes shale oil ash. Water. Res.34 (17), p 4295-4303, 2000.

[13] MEENA K, MISHRA G.K, RAI P.K, RAJAGOPAL C, NAGAR P.N, Removal of heavy meal ions from aqueous solutions using carbon aeogel as an adsorbent. Hazard.J Mater. 122, p. 161–170, 2005.

[14] CHEN J.P, WANG L, chemosphere 54, P 397-404, 2004

[15] BARK N, L'élimination des colorants de synthèse par adsorption sur un phosphate nature et par dégradation photo catalytique sur TiO_2 supporté, Grade de docteur ès science, UFR : physicochimie des Matériaux à caractères appliqués, Thèse de doctorat Université AGDIR, 2008.

[16] BOUAZZA F, Elimination des polluants organiques par des argiles naturelles et modifiées, Mémoire de Magister université ABOUBEKR BELKAID –TLEMECEN, 2012.

[17] BOUSNOUBRA I, Etude comparative de la photo dégradation du vert photochimiques en milieu aqueux, Mémoire de Magister en chimie analytique et physique Université Mentouri- Constantine, 2010.

[18] ATTOUTI S, Activation de deux algues méditerranéennes par diverses méthodes pour l'élimination de colorants. Thèse de Doctorat en Science, 2013.

[19] BARKA N, QOURZAL, ASSABBANEA S, NOUNAH A, AIT ICHOU Y, Adsorption of disperse Blue SBL dye by synthesized poorly crystalline hydroxylapatite. J. Environ. Scien. 20 (10), p 1268-1278, 2008.

[20] BEN MANSOUR H, BOUGHZALA O, DANIEL D, DANIEL B, CHEKIR CHEDIRA L, MOSRATI R, Les colorantes textiles sources de contamination de l'eau : CRIBLAGE de la toxicité et des méthodes de traitement, 28 novembre 2011.

[21] CHEN J.P, WANG L, CHEMOSPHERE, Characterization of metal adsorption kinetic properties in batch and fixed-bed reactors, 2004.

[22] Commission européenne. « Les meilleures techniques disponibles dans l'industrie textile » P : 658-684, Juillet 2003.

[23] GUILLARD C, DISDIER J, MONNET C, DUSSAUD J, MALATO S, BLANCO J, MALDONADO M.I, HERRMANN J.M, Appli. CATAL B: Environ. 46, p 319-332, 2003.

[24] RAYCASTRO C, LODEIRO P, Propriétés acide-base de biomasse d'algue, Un modèle reflétant des effets électrostatiques et hétérogénéité chimique. Entour. Scien. Technol. 37, p 5159-5167, 2003.

[25] CENTRE D'EXPERTISE EN ANALYSE ENVIRONNEMENTALE DU QUEBEC, MA. 315-DCO 1.0, Ministère de l'environnement du Québec, 2003.

[26] PAGGA U , BROWN D, « The degradation of dyestuffs part II: behavior of dyestuffs in aerobic biodegradation tests. », 4 vol, p 479-491, 1986.

[27] ERRAIS E, « Réactivité de surface d'argiles naturelles. Etude de l'adsorption de

colorants anionique », thèse doctorat, Université de Strasbourg, 2011.

[28] WILLIAM B, SOPHIE D.R, « Les colorants organiques utilisés en teinturerie :aspects physico-chimiques», 2012.

[29] Thèse pour obtenue de grade de docteur de l'université de marne la vallée, thème : traitement des polluants organique en milieux aqueux par procédés électrochimique d'oxydation avancée « Electro-fenton ». Application à la minéralisation des colorants synthétique. Directeur de thèse : prof MEHMET A, OTURAN 2004.

[30] GUILLARD C, LACHHEB H, HOUAS A, KSIBI M, ELALOUI, EHERRMANN, Influence of chemical structure of dyes, of pH and of inorganic salts on their photocatalytic degradation by TiO2 comparison of the efficiency of powder and supported TiO2. J. Photochem.Photobiol. CHEM A, Méthyle par Divers procédés, 158, p 27-36, 2003.

[31] SMAHI Z, « Essais de valorisation d'un déchet cellulosique :tiges de chardons dans l'élimination d'un colorant basique à partir de solutions aqueuses synthétiques », thèse de doctorat, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen., 2017.

[32] NAIT M.N, Application des tiges de dattes dans l'adsorption de polluants organique Mémoire en magister, Université Mohamed Cherif Massaadia SoukAhras, 2014.

[33] BELAND F, HEFLICH R, « Mutagenicity and carcinogenicity in relation », CULP S.J.

[34] LEMLIKCHI W, « Elimination de la pollution des eaux industrielles par différents procèdes d'oxydation et de Co-précipitation, », thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Tizi-Ouzou, 2012.

[35] GOPALUPUR N, Organic synthesis using clay and clay-supported catalyst, APPL J, CLAY, Scien. 53, p 106-138, 2001.

[36] JIANG J, KUN M, YUNFENG Z, SHUNLI C, JIANTAI M, Cobalt salophen complex immobilized into montmorillonite as catalyst for the epoxidation of cyclohexene by air APPL J, CLAY. Scien. 45, p 117-122, 2009.

[37] ALIOUCHE S, Etude de l'alimentation d'un colorant par différentes méthodes photochimiques en milieux aqueuxMémoire en magister, Université Mentouri – Constantine, 2007.

[38] THIVOLET J. CLAUDY A, «Progrès en dermato-allergologie», 1ère édition, JOHN LIBBEY Eurotext, Lyon p : 171, 1999.

[39] JOAQUIM P.S, SONIA S, JOSE R, ANTUNES H, JOHN J, PORTER C, GONCALVES I, SUZANA F.D, Adsorption Of Acid Orange 7 Dye In Aqueous Solutionsby

Spent Brewery Grains Separation And Purification ,Technology 40, 309–315, 2004.

[40] BELGHOUL MERIEM, BERRAHMOUNE HASSIBA, Etude et caractérisation d'un biosorbant pour l'élimination d'un polluant organique Mémoire de fin d'études de Master 2022.

CHAPITRE III

Résultats et Discussions

Les points développés dans ce chapitre font le tour de la procédure expérimentale suivie pour la réalisation de notre travail, on y trouve essentiellement la liste du matériel et appareillages utilisés, la méthode suivie pour la préparation de l'adsorbant, le déroulement des expériences et la méthode d'analyse choisie.

III.1. Préparation :

III.1.1. Préparation des adsorbants :

a) **Bio-adsorbant 1 :** on apporte les coques de noix, on les broie et on les tamise jusqu'à ce qu'elles deviennent relativement molles à travailler

b) **Bio-adsorbant 2 :** on apporte les déchets agro-alimentaires ,on les broie et on les tamise jusqu'à ce qu'elles deviennent relativement molles à travailler

III.1.2. Préparation de colorant :

Acid green 25 (AG25) : Ce colorant est un solide organique coloré à l'état de poudre fine. Ils appartiennent à la famille des pigments basiques hydrosolubles.

Pour préparer le colorant (AG25) à une concentration de 100 mg/l, on dissout m = d'AG25 dans l'eau distillée dans fioles de 250 ml.



Figure III.1 : solution mére de AG25



Figure III.2 : AG25 à l'état de poudre fine

III.1.3. Méthode d'analyse-Spectrophotométrie UV-Visible :

Les polluants organiques choisis dans cette étude ont été dosés par spectrophotométrie UV-visible. En effet, ces polluants sont capables d'absorber des photons dans la gamme de longueurs d'onde 200nm - 800nm. Le spectrophotomètre utilisé est un spectrophotomètre à double faisceaux : une source de lumière blanche émet un rayon lumineux ; celui-ci passe dans un monochromateur permettant de sélectionner une longueur d'onde, puis est séparé en deux

faisceaux. L'un est dirigé vers la cuve de référence contenant le solvant, l'autre traverse l'échantillon à analyser. Deux photorécepteurs permettent de mesurer l'intensité lumineuse de chaque faisceau



Figure III.3 : Spectrophotomètre UV-visible.

L'absorbance A de la solution est ensuite calculée à partir de l'équation.1.

$$A = - \log \left(\frac{I}{I_0}\right) \qquad \textbf{III.1}$$

Avec :

A : absorbance de la solution pour une longueur d'onde λ ;

I_0 : L'intensité du faisceau de référence ;

I : l'intensité transmise du faisceau traversant l'échantillon.

La concentration en polluant dans l'échantillon est déduite de l'absorbance à l'aide de la loi de Beer-Lambert (équation .2).

$$\boldsymbol{A = \varepsilon . l . c} \qquad \textbf{III.2}$$

ε : Coefficient d'absorption molaire (l/mol.cm) à la longueur d'onde λ;

C : concentration molaire de l'espèce absorbante (mol/l) ;

l : L'épaisseur de la cuve (cm).

Le détecteur du spectrophotomètre utilisé étant saturé pour une absorbance supérieure à 3, il est nécessaire de diluer les échantillons les plus concentrés avant leur dosage

Ⅲ.1.4. Droite d'étalonnage en spectrophotométrie UV/Visible :

Une série de solutions standards de AG 25, de concentration variante ont été préparées à partir des solutions mère (AG 25) de 100 mg/L. les échantillons réalisés sont analysés par le spectrophotomètre d'absorption moléculaire UV-Visible, afin de déterminer leur absorbance. Par la suite, une courbe d'étalonnage est établie à partir des différentes concentrations et absorbances. Grâce à l'équation de la droite : y = a x + c

(a = coefficient ou pente de la droite, x = absorbance ; c = constant et y = concentration de colorant résiduel).

III.1.5.Mode d'action :

Lors de la préparation d'échantillons à une concentration de 100 mg/l, ils sont placés dans centrifugeuse pendant 10 minutes avec une rotation de 6000 tr/min pour obtenir deux couches différentes

Nous mettons la solution obtenue après le processus de séparation dans spectrophotométrie UV/Visible afin d'obtenir la gamme spectrale de chaque échantillon.

Dans cette étude, nous allons faire la lumière sur le colorant AG25, et afin de connaître l'étendue de sa capacité à être absorbé par bio1 et bio2, nous faisons plusieurs variables, dont (effet de la concentration initiale, effet de la masse, effets du temps de contact).

III.2. Etablissement de la courbe d'étalonnage :

Les analyses des solutions d'acide green (AG 25) sont effectuées par une spectrophotométrie, à la longueur d'ondes d'absorption maximale (λ_{max} = 643 nm). La courbe d'étalonnage en colorant représente l'absorbance en fonction de la concentration, dans un domaine de concentration comprise entre 0 et 100 mg/l. Les données expérimentales reportées dans la figure III.4 indiquent une relation linéaire entre l'absorbance et la concentration avec un coefficient de corrélation plus élevé (R^2=0,999). Cette courbe d'étalonnage permet ensuite de déterminer la concentration inconnue de la solution de colorant par simple mesure de son absorbance et report sur le graphe A=f(C). L'équation de la courbe d'étalonnage s'écrit:

$$\mathbf{A = 0{,}012C.}$$

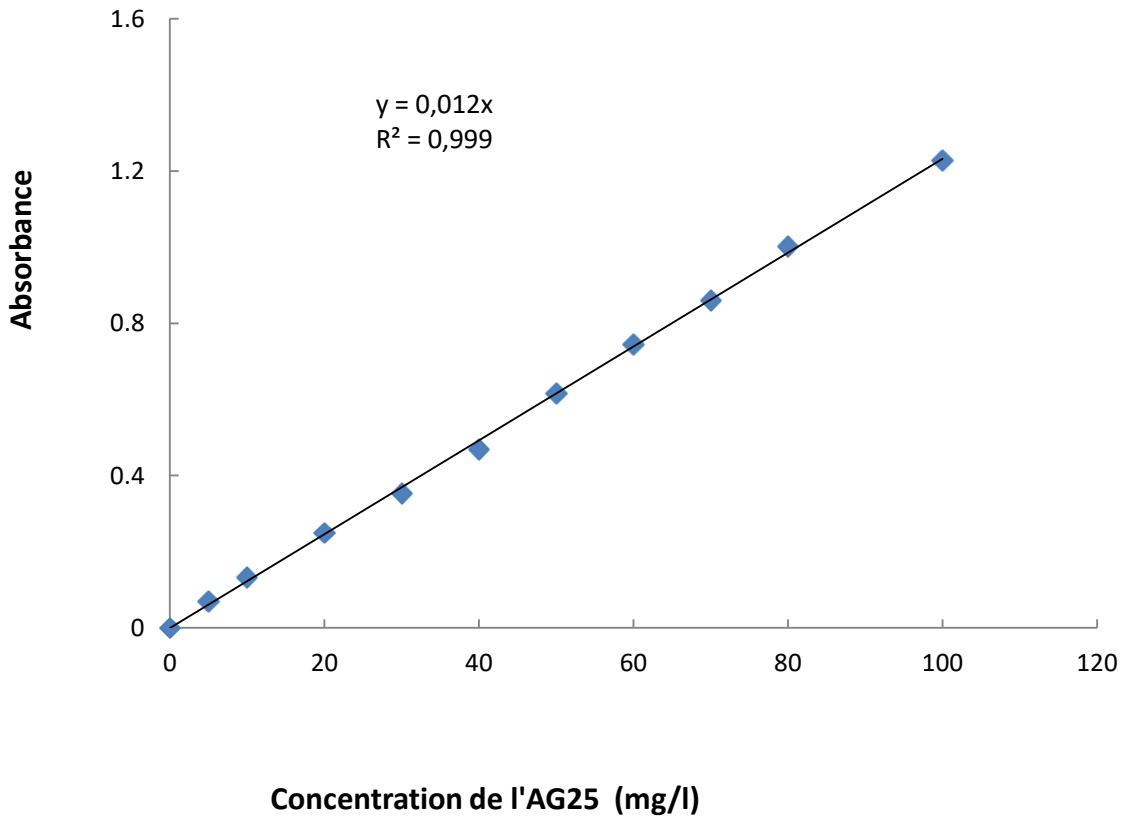


Figure III.4: Courbe d'etalonnage de AG 25 à 643 nm

III .2.2. Effets de la concentration initiale

Les conditions choisis pour réaliser cette expérience est comme suite : une vitesse d'agitation de 6000 trs/min, température T=25±1 °C, une masse de Bio 1 et Bio 2 de est 50 mg et concentration initiale du AG 25 (de C_0 = 5 mg/l à C_0 = 50mg/l). A t = 0 on introduit 5mg de Bio1 ou Bio2 dans une solution de l'AG 25 de volume 50 ml. Les échantillons sont prélevés pour chaque 10 minutes et sont séparés par centrifugation, puis elles sont immédiatement dosé par une spectrophotométrie UV-visible à la longueur d'onde λmax = 643 nm. Les résultats obtenus sont reportés sur les deux figures III.5 et III.6.

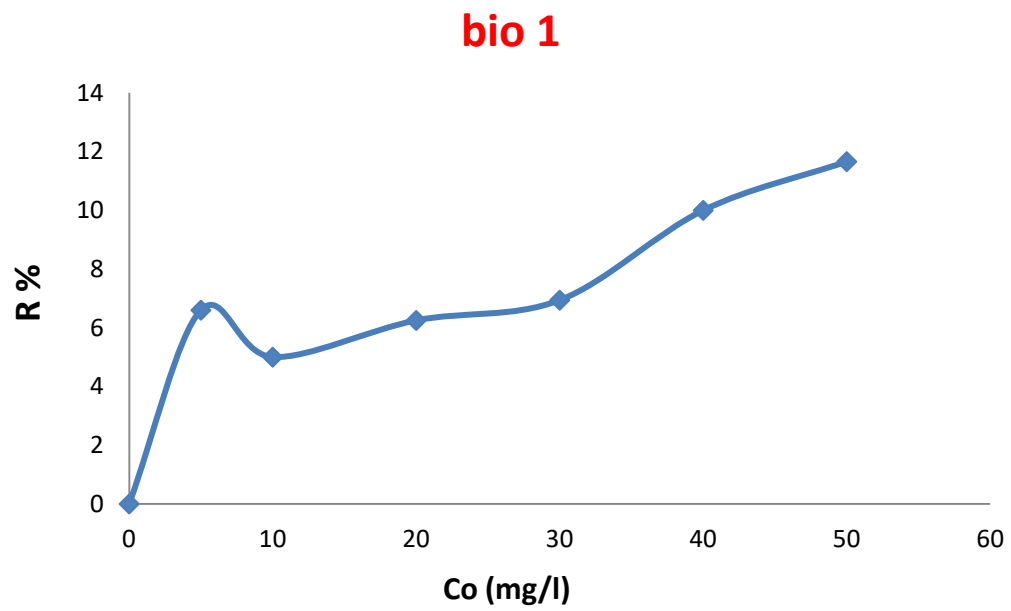


Figure III.5 : Evolution le taux d'élimination d'AG 25 par le de Bio-adsorbant 1. Temps d'agitation = 30 min

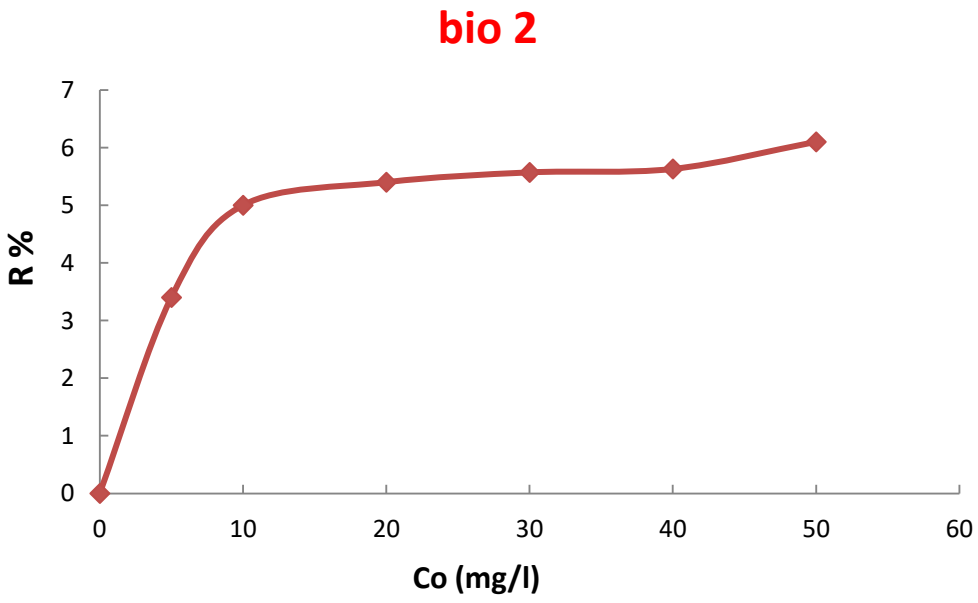


Figure III.6 : Evolution le taux d'élimination d'AG 25 par le Bio-adsorbant 2. Temps d'agitation = 30 min.

D'après la figure III.5, nous remarquons que l'augmentation de la capacité d'adsorption est linéaire en fonction de la croit de la concentration de AG 25, éteignant d'une valeur maximale d'environ de 12 % de l'élimination pour une concentration de 50 mg/l par le bio1. Nous remarquons aussi d'après la figure III.6 qu'il y a une augmentation de la capacité d'adsorption au début de contact entre le solide (Bio2) et l'AG 25 puis se stabilise à l'approche de la saturation (le taux d'élimination est d'environ 7 %). A cet effet, on peut dire que le taux d'élimination d'AG 25 par le Bio 1 est plus efficace que le Bio2. L'élévation de la concentration initiale peut provoque une augmentation de la capacité d'adsorption à cause de l'élévation de la force d'entrainement du gradient de concentration. On peut dire dans ce cas qu' il 'y a un transfert des molécules de la phase externe vers la surface de l'adsorbant dans la première couche, tandis que la deuxième partie lié au phénomène de diffusion.

III .2.3. Effets de la masse

Pour situer l'influence du dosage de l'adsorbant (effet de la masse) sur l'adsorption d'AG 25, des masses croissantes de chaque matériau (Bio 1et Bio 2) ont été ajoutées à des volumes de 50 ml de solutions colorées à 100 $mg{\cdot}L^{-1}$ en AG 25. Les mélanges sont agités pendant 30 min à une température de 25 °C. Les échantillons ainsi traités ont été centrifugés et la concentration résiduelle du colorant dans le surnageant a été déterminée par spectrophotométrie.

Le dosage de l'adsorbant est l'un des paramètres les plus influents dans le processus de transfert de matière pendant la réaction d'adsorption. Celui-ci assure un certain nombre de sites actifs capables d'interagir avec des molécules ou ions en solution. Néanmoins, ce dosage doit être bien étudié : un nombre de sites insuffisant crée une saturation non efficace, due à l'encombrement des espèces à adsorber autour des sites; par contre, un nombre de sites en excès favorise des interactions entre les sites occupés par les espèces adsorbées et ceux libres.

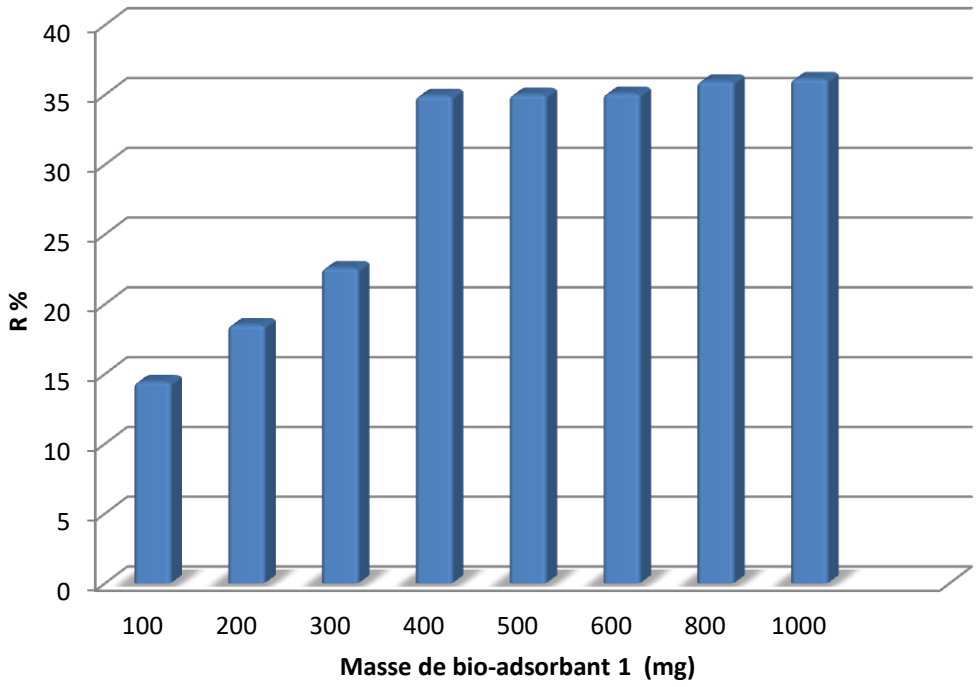


Figure III.7 : Evolution le taux d'adsorption de AG 25 en fonction de la massa de bio-adsorbant 1. Temps d'agitation = 30 min. C_0 = 100 mg/l.

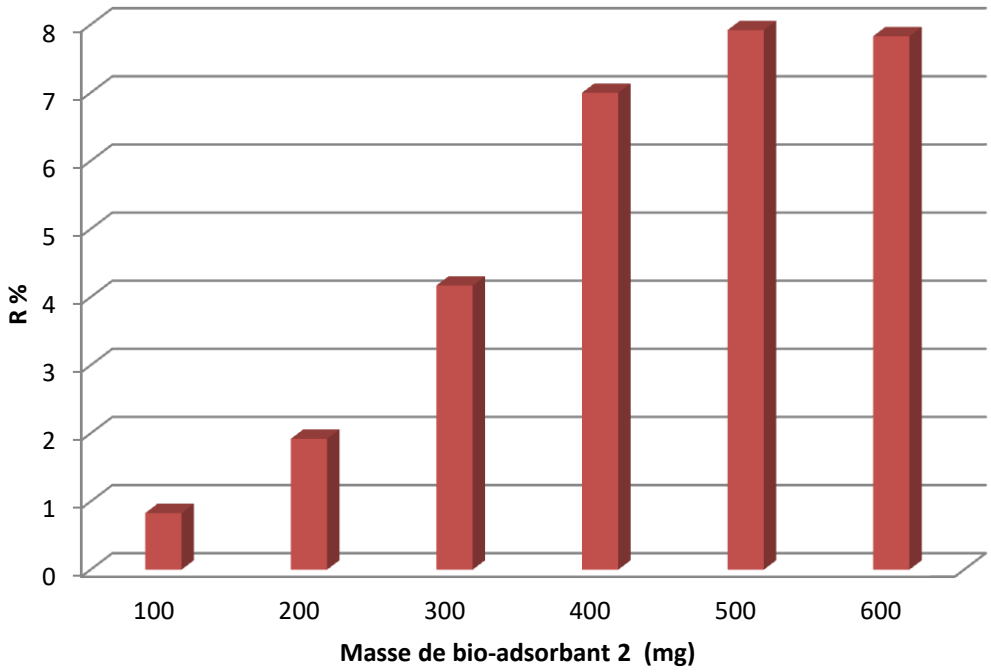


Figure III.8 : Evolution le taux d'adsorption d'AG 25 en fonction de la masse de bio-adsorbant 2. Temps d'agitation = 30 min. C_0 = 100 mg/l

Le dosage des deux adsorbants a été étudié entre 100 mg et 1000 mg pour le Bio1, et entre 100 mg et 600 mg pour le Bio2. Les figures III.7 et III.8 expriment la dépendance entre le dosage utilisé et le pourcentage d'élimination du colorant à partir de la solution. Il est aisé de voir que le Bio1 est plus efficace que le Bio2 pour une concentration de 100 mg/l; éteignant d'une valeur presque stable d'environ 35 % d'élimination avec un dosage de l'adsorbant de 400 mg, alors qu'avec le Bio 2, atteignant d'une valeur d'environ 8 % d'élimination avec le même dosage de l'adsorbant ce qui indique que l'élimination du AG 25 est beaucoup mieux par le Bio 1.

III .2.4. Effets de cinétique

L'étude cinétique a été réalisée sur une série de suspension de 50 mg de solide dans 50 ml d'une solution de colorant de concentration 100 mg/l, les suspensions sont mises sous agitation Dans notre travail, les résultats obtenus ont été modélisé suivant les équations cinétiques simplifiés du pseudo premier ordre et du pseudo deuxième ordre pour examiner le mécanisme du processus d'adsorption. La validité de l'équation de la cinétique d'adsorption du premier ordre et du deuxième ordre est testée simultanément en traçant ln (qe-qt) en fonction du temps et t/q en fonction du temps.

L'objectif est de vérifie le temps de contacte optimum et l'ordre apparent de la vitesse d'élimination.

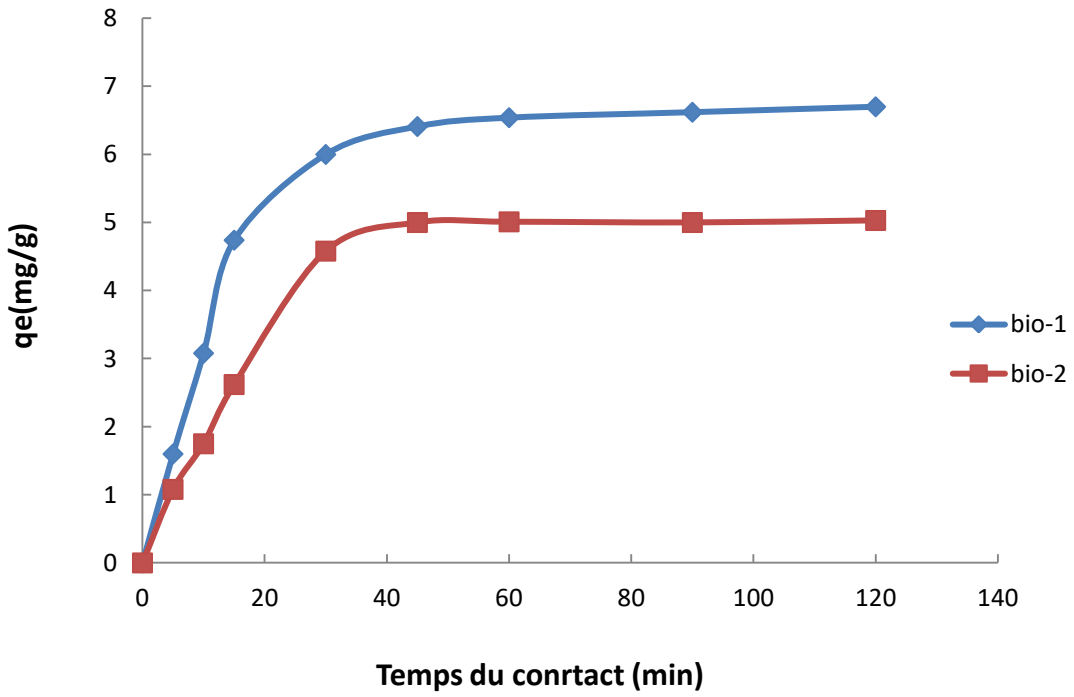


Figure III.9 : Isothermes de sorption de colorant AG 25 par les deux matériaux (Bio1 et Bio2).

D'après l'analyse de la figure III.9 l'allure des courbes (Bio1 et Bio2) indique que la quantité adsorbée augmente en fonction de la concentration initiale suite à l'existence des sites vacants sur la surface des adsorbants, jusqu'à le palier d'équilibre montrant l'occupation des sites par le colorant avec une stabilité de quantité adsorbée.

Nous observons que la partie initiale des isothermes est presque verticale, puisque la quantité adsorbée apparaît importante à des concentrations initiales. Ce phénomène se produit lorsque les interactions entre les molécules adsorbées et la surface du solide sont très fortes.

Nous observons également une différence de la quantité adsorbée de colorant par les matériaux (Bio1 et Bio2) qui est représenté graphiquement par des pentes différentes. La constatation montre que le matériau (Bio 1) retient plus le colorant que le matériau (Bio 2). L'allure des courbes d'isotherme d'adsorption est du type I. Lorsque la concentration de colorant à l'équilibre augmente, la quantité fixée augmente jusqu'à atteindre le seuil de saturation maximal.

III .3. Modélisation de la cinétique:

Les modèles cinétiques fréquemment utilisés pour prévoir le mécanisme qui décrit le phénomène de sorption sont le modèle du pseudo premier ordre et celui du pseudo-second ordre

III.3.1. Modèle cinétique du pseudo premier ordre :

Le modèle cinétique du pseudo premier ordre de Lagergren, est souvent décrit par l'équation suivante :

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \qquad \textbf{III.3}$$

La variation de log (q_e-q_t) en fonction du temps (t) donne une droite linéaire de pente (- k_1/2 ,303) et l'ordonnée á l'origine log q_e, nous permet de déduire les valeurs de la constante de vitesse k_1 et la capacité d'adsorption á l'équilibre q_e.

L'exploitation des résultats de la figure III.10 nous permet de conclure que la cinétique de l'élimination AG 25 par les deux bio-adsorbants est du premier ordre.

Les valeurs expérimentales et calculées des capacités de sorption à l'équilibre à partir du modèle cinétique du pseudo premier ordre (voir la figure III.10) pour les deux cas (Bio1 et Bio2) n'ayant pas de larges variations de valeurs (coefficient de régression R^2 s'approché à l'unité), ce qui suggère que le modèle cinétique du premier ordre est applicable.

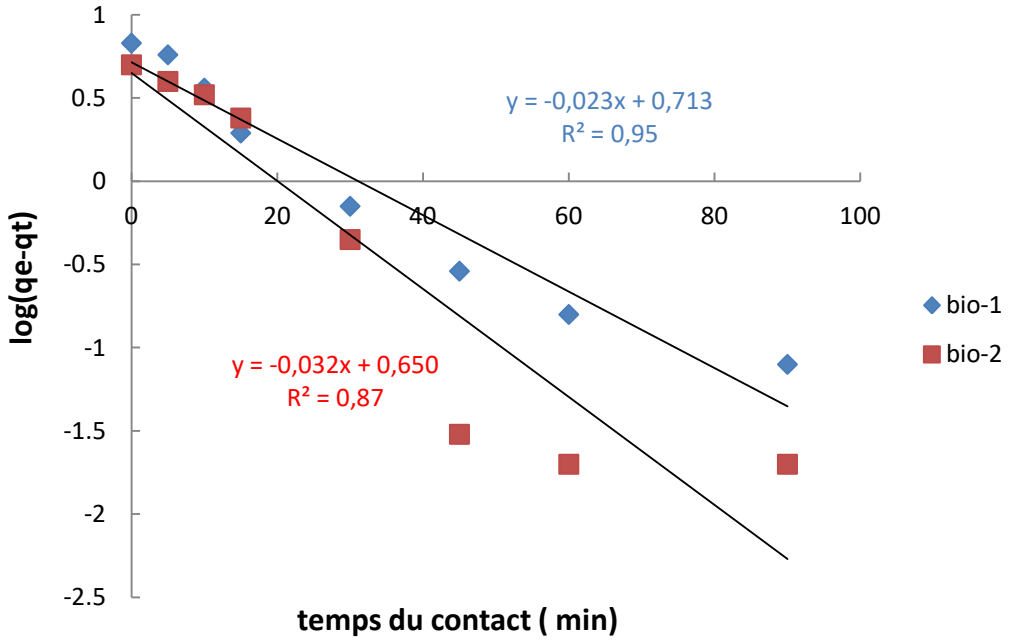


Figure III.10 : Cinetique du pseudo de premier ordre d'elimination du colorant AG 25 par le Bio-adsorbant 1 et 2 à concentration initiale de 100 mg/l.

III.3.2.Modèle cinétique du pseudo deuxième ordre :

L'exploitation des résultats de la figure III.11 ont permis de tracer les graphes $\frac{t}{q_t}$ en fonction du temps t en utilisant l'équation

$$\frac{t}{q_t} = \frac{t}{q_e} + \frac{1}{\left(k_2 q_e^{\,2}\right)} \qquad \textbf{III.4}$$

Donnera une droite linéaire de pente $\frac{1}{q_e}$ et l'ordonnée à l'origine $\frac{1}{k_2 q_e^{\,2}}$. Ces valeurs obtenues permettent de déterminer la constante de vitesse apparente k_2 et la capacité de sorption à l'équilibre q_e. Les valeurs calculées de k_2 et de q_e ainsi que les valeurs linéaires correspondantes aux coefficients de détermination R^2 sont reportées dans le Tableau III.1. Une bonne corrélation a été observée entre les données expérimentales, et le modèle cinétique du deuxième ordre pour les deux Bio-adsorbants dont les valeurs des coefficients de détermination sont supérieures à 0,97. Les valeurs expérimentales de la capacité de sorption à l'équilibre s'approchent les valeurs calculées.

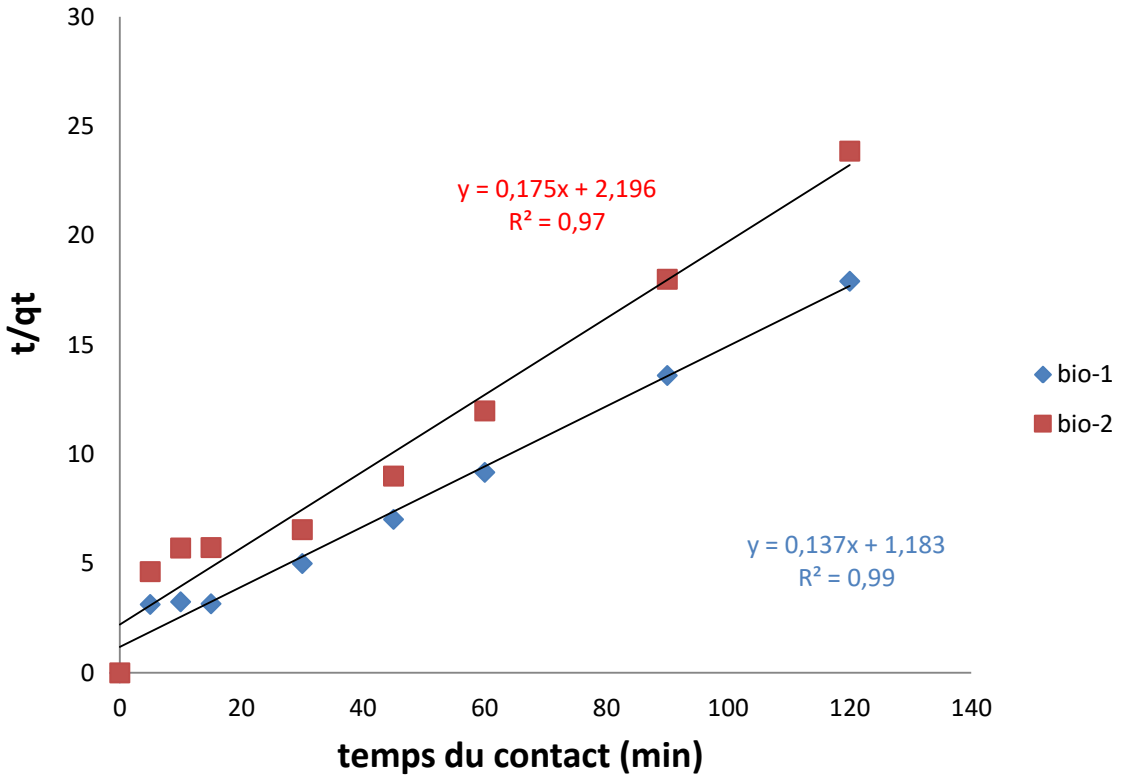


Figure III.11 :: Cinetique du pseudo de second ordre d'elimination du colorant AG 25 par le Bio -adsorbant 1 et 2 à concentration initiale de 100 mg/l.

Tableau III.1 : Valeurs des paramètres cinétiques d'ordre 1 et 2 de l'élimination d'AG 25 pour les deux matériaux (Bio 1 Bio 2).

Colorant	Qe (exp) mg/g	Cinétique d'ordre 1			Cinétique d'ordre 2		
		Qe (cal) (mg/g)	K_1 (min^{-1})	R^2	Qe (cal) (mg/g)	K_2 g/(mg.min)	R^2
BIO 1	6,7	5,16	0,05	0,95	5,78	0,12	0,99
BIO 2	5,03	4,47	0,07	0,87	7,29	0,48	0,97

Les résultats obtenus indiquent que, le coefficient de corrélation déterminé par le modèle pseudo deuxième ordre pour les deux bio-adsorbant (bio1 et Bio2) est supérieur à celle déterminé par le modèle pseudo premier ordre, ce constat indique que le modèle de pseudo premier ordre est inadéquat pour expliquer la cinétique d'adsorption du acide green (AG 25) sur le Bio-adsorbants, c'est-à-dire que la vitesse de l'adsorption est de l'ordre 2.

III.4. Transformées linéaires de Freundlich et de Langmuir :

Plusieurs modèles d'adsorption dont ceux de Langmuir, Freundlich, Redditch-Peterson ont été mis au point pour adapter les données expérimentales, afin de prédire le mécanisme d'adsorption et les interactions adsorbat-adsorbant qui en découlent (monocouche, multi couches, homogène, hétérogène, interaction latérale, ...).

Pour étudier les isothermes d'adsorption de l'acide green 25 (AG 25) par les deux Bio-adsorbants, nous avons posé le temps de mise en contact à de 30 minutes à température de 25±1°C avec une masse de 50 mg de l'adsorbant et un volume de solution 50 ml. Les concentrations de colorant sont différentes allant de 5 à 100 mg/l.

III.4.1. Isotherme de Langmuir

La théorie de Langmuir est basée sur les trois hypothèses suivantes **:**

- Existence à la surface de l'adsorbant d'un nombre fixe de sites dont chacun d'eux ne peut adsorber qu'une seule molécule.
- Les interactions entre les molécules adsorbées sont négligées.
- L'énergie d'adsorption est constante en fonction du taux de recouvrement.

La représentation graphique de la transformation linéaire de l'équation de Langmuir C_{eq} /q_e en fonction de C_{eq} est donc une droite d'ordonnée à l'origine 1/ (Q_m.K_L) et la valeur de 1/Q_m représente la tangente du droite Ce/qe = f(Ce)

L'équation de droite s'écrit comme suit

$$\frac{Ce}{(\frac{x}{m})} = \frac{1}{Qm.Kl} + \frac{Ce}{Qm} \qquad \textbf{III.5}$$

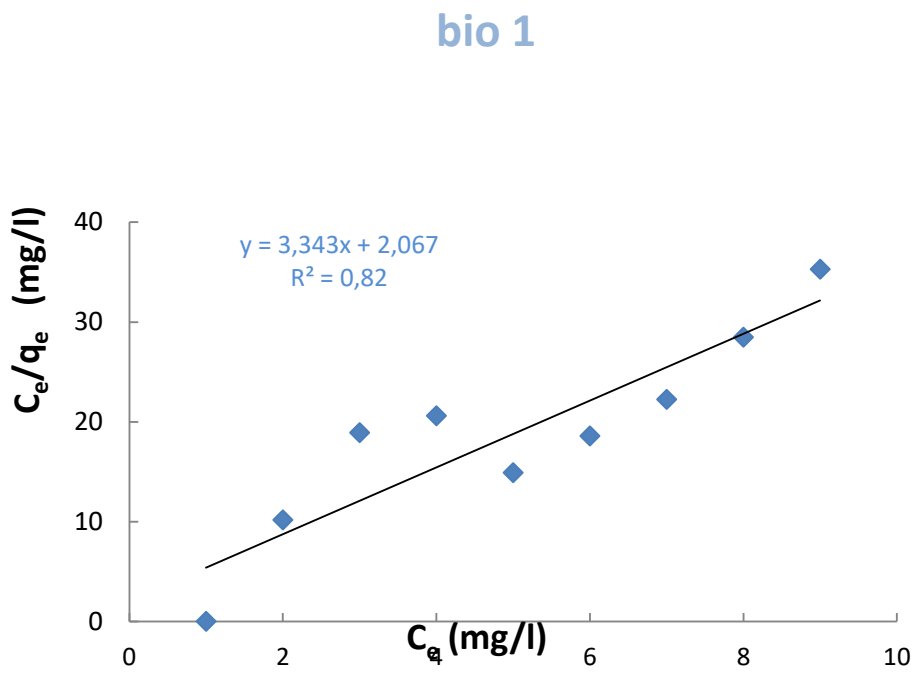


Figure III.12 :: Transformées linéaires de l'isotherme de Langmuir pour l'adsorption de AG 25 sur le Bio-adsorbant 1.

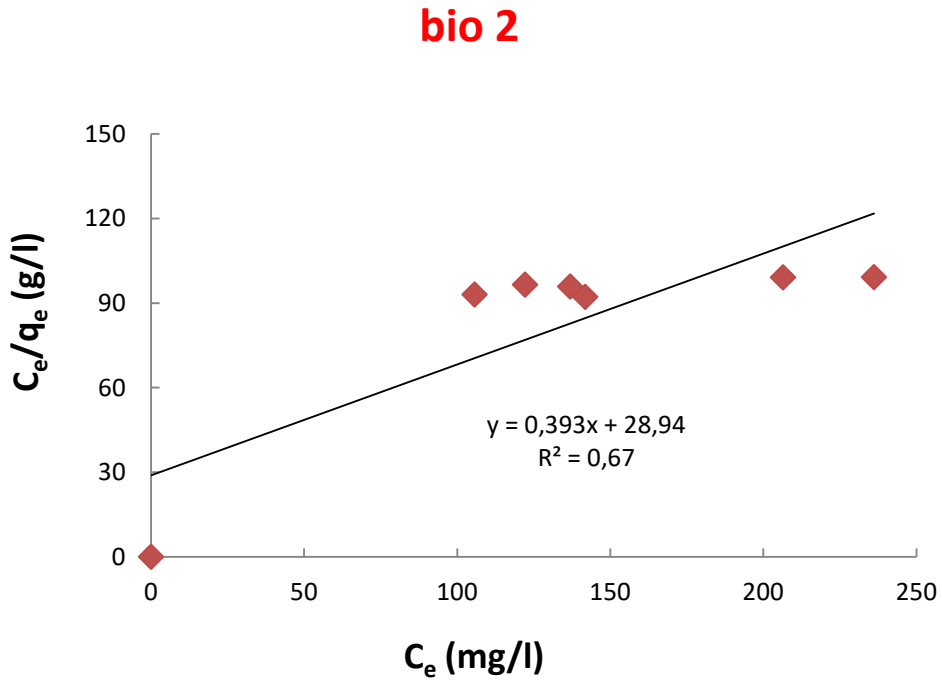


Figure III. 13 : Transformées linéaires de l'isotherme de Langmuir pour l'adsorption de AG 25 sur le Bio-adsorbant 2.

Les résultats des calculs des paramètres de l'isotherme de Langmuir sont rassemblés dans le tableau III.2.

Tableau III.2 : Résultats de modélisation des isothermes d'adsorption de Langmuir.

Adsorbat	**Paramètres de l'isotherme de Langmuir**		
AG 25	Bio 1		
	q_m(mg/l)	**K_L (l/mg)**	**R^2**
	48,38	0,3	0,82
	Bio 2		
	q_m(mg/l)	**K_L (l/mg)**	**R^2**
	3,46	2,54	0,67

L'analyse du tableau III.2 montre des coefficients de régression de 0,82 pour le bio1 et de 0,67 pour le bio2. Les résultats montrent aussi que la quantité maximale d'acide green 25 (AG25) retenue par (bio1) et (bio2) est de 48,38 mg/L et 3,46 mg/L, respectivement, et à partir de là, on peut dire que bio1 est plus absorbable que bio2.

IV.4.2. Isotherme de Freundlich

Freundlich considère qu'il y a plusieurs types de sites d'énergie différente, distribués selon une loi exponentielle en fonction de la chaleur d'adsorption. Cette distribution des énergies d'interaction s'explique par une hétérogénéité des sites. L'équation de Freundlich ne prévoit pas de limite supérieure, ce qui confine son application aux milieux dilués. Bien qu'empirique, le modèle de Freundlich est très employé pour caractériser les systèmes solution-solide. Il se présente sous la forme

$$\boldsymbol{Q_e = K_f\, C_e^{1/n}\ ;\quad 0 < n < 1} \qquad \textbf{III}.6$$

Le tracé de la courbe $Ln(Q_e) = f(LnCe)$ permet de déterminer les valeurs des constantes K_f et n de Freundlich comme le montre la Figure III.14 et III.15

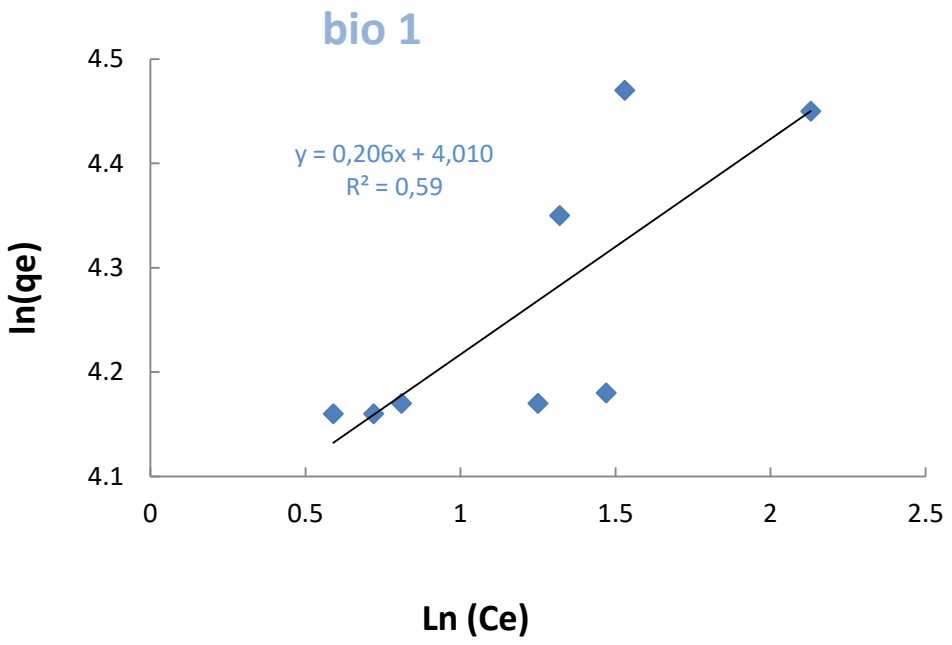


Figure III.14 : Transformées linéaires de l'isotherme de Freundlich pour l'adsorption de AG 25 par le Bio-adsorbant 1

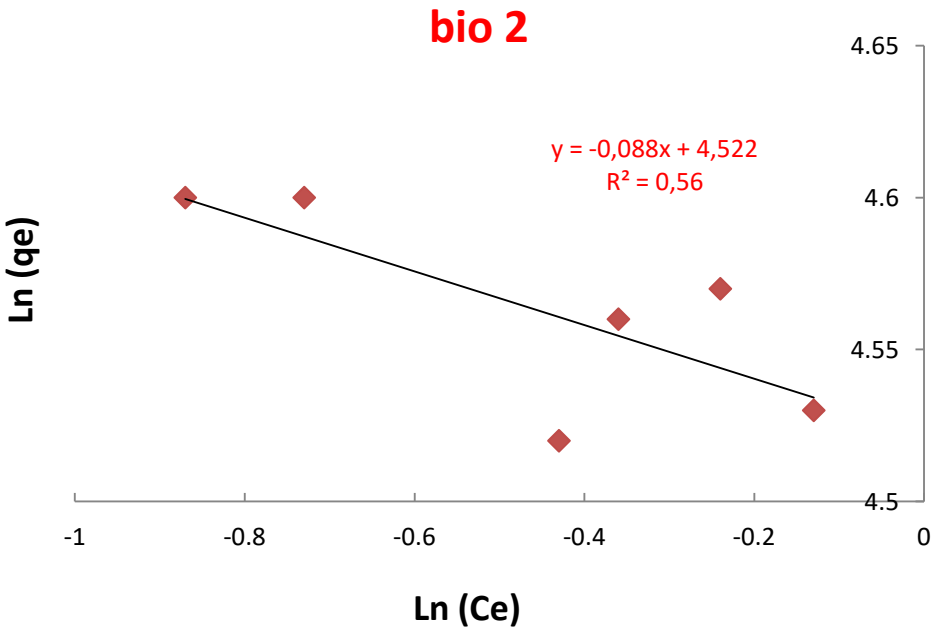


Figure III.15 : Transformées linéaires de l'isotherme de Freundlich pour l'adsorption de AG 25 par le Bio-adsorbant 2

Les résultats de calculs des paramètres de ce modèle sont représentés par le tableau III.3.
Tableau III.3 : Résultats de modélisation d'isotherme d'adsorption de Freundlich.

Tableau III.3 : Résultats de modélisation des isothermes d'adsorption de Freundlich

Adsorbat	**Paramètres de l'isotherme de Freundlich**		
AG 25	**Bio 1**		
	n	**K_f (l/mg)**	**R^2**
	4.85	55.15	0,59
	Bio 2		
	n	**K_f (l/mg)**	**R^2**
	- 11.36	92.02	0,56

D'après la théorie de Freundlich, la formation d'une monocouche d'adsorption sur la surface de l'adsorbant peut être possible, et les sites sont hétérogènes avec des énergies de fixation différentes. La valeur absolue de n > 1 indique qu'une physisorption s'est produite entre l'adsorbat et l'adsorbant et que l'adsorption est favorable, donc ce qui confirme la grande affinité de l AG25 d'être adsorbé sur le bio1 et bio2

Conclusion Générale

Le but de cette étude est d'évaluer nos bio-adsorbants (Bio 1et Bio 2), pour éliminer le colorant acide green (AG25).

Ce travail a été réalisé en deux étapes, la première étape concernant la préparation des adsorbants qu'on veut utiliser. La deuxième étape consiste à étudier l'influence de quelques paramètres sur l'adsorption, tels que : la concentration initiale, la masse de bio-adsorbant, le temps de contact.

Les résultats obtenus ont montré les suivants :

- Le taux d'élimination de **l'AG 25** par le **Bio1** est estimé à **14 %** à une concentration de **50 mg/L**, ce qui est supérieur au taux d'élimination du **bio2** de **7 %**.
- Pour une même doge de 400 mg pour les deux bio-adsorbant, on note une valeur d'environ **35 %** d'élimination de l'AG 25 de concentration de 100 mg/l, alors qu'avec **Bio 2**, on note une valeur d'élimination d'environ **8 %,** indiquant que l'élimination de **AG 25** est beaucoup meilleur par **Bio1**1.
- La forme des courbes d'isotherme est du premier type pour les deux cas (Bio1 et Bio2). La concentration de colorant initiale est augmentée à l'équilibre, la quantité constante est augmentée jusqu'à ce qu'elle atteigne son point de saturation maximum.
- Le coefficient de corrélation déterminé par le modèle pseudo deuxième ordre pour les deux bio-adsorbant (bio1 et Bio2) est supérieur à celle déterminé par le modèle pseudo premier ordre, indiquant que le modèle de pseudo premier ordre est inadéquat pour expliquer la cinétique d'adsorption du acide green (AG 25) sur le Bio-adsorbants, c'est-à-dire que la vitesse de l'adsorption est de l'ordre 2.
- nous pouvons dire que le modèle de Langmuir est le plus probable pour caractériser l'adsorption de colorant sur les bio- adsorbants (Bio1, Bio2), montrant que la quantité maximale d'acide vert 25 (**AG25**) retenue par (**bio1**) et (**bio2**) est de **48,38** mg/L et **3,46** mg/L, respectivement, et à partir de là, on peut dire que bio1 est plus

Absorbable que **bio2**. D'après les coefficients de régressions obtenus, nous pouvons dire que la formation d'une monocouche d'adsorption sur la surface de l'adsorbant peut être possible

- D'après les résultats obtenus par la loi de **Freundlich**, La valeur absolue de **n > 1** indique qu'une physisorption s'est produite entre l'adsorbat et l'adsorbant et que l'adsorption est favorable, donc ce qui confirme la grande affinité de l **AG25** d'être adsorbé sur le **bio1** et **bio2.**

Enfin, et sur la base des expériences et des résultats obtenus dans chacun : (des effets de la concentration initiale, effet de la masse, effets du temps de contact), nous pouvons confirmer que le **Bio-adsorbant 1** est bien meilleur que le **Bio-adsorbant 2** en termes d'absorption.

Résumé

L'objectif de cette étude est de déterminer le pouvoir adsorbant de deux Bio-adsorbant (Bio1 et Bio 2), pour éliminer un colorant de l'acide vert 25 (Acid Green 25 : AG 25) en milieu aqueux. L'influence de certains paramètres sur l'adsorption du colorant sur nos supports solides, à savoir la concentration initiale du AG 25, le temps du contact adsorbant-adsorbat, l'effet du la masse et l'effet de la cinétique.

La capacité de fixation de colorant sur Bio 1 est supérieure (14 %) à celle de Bio2 (7 %). Le comportement d'adsorption de ce colorant à l'équilibre a été examiné par les modèles isothermes de Langmuir et de Freundlich. Les données d'équilibre étaient beaucoup plus en accord avec le modèle de Langmuir. Les études cinétiques d'adsorption de ce colorant indiquent bien que le processus est le modèle du pseudo second ordre. Le Bio-adsorbant 1 utilisé s'avère efficace dans l'élimination des colorants.

Mots -Clés : adsorption ; AG 25, isotherme d'adsorption

Abstract

The objective of this study is to determine the adsorbent power of two Bio-adsorbents (Bio1 and Bio 2), to remove a dye from Acid Green 25 (Acid Green 25: AG 25) in an aqueous medium. The influence of certain parameters on the adsorption of the dye on our solid supports, namely the initial concentration of AG 25, the adsorbent-adsorbate contact time, the effect of mass and the effect of kinetics.

The dye binding capacity on Bio 1 is greater (14%) than that of Bio2 (7%). The adsorption behavior of this dye at equilibrium was examined by Langmuir and Freundlich isothermal models. The equilibrium data were much more in agreement with Langmuir's model. The kinetic studies of adsorption of this dye clearly indicate that the process is the model of the pseudo second order. The Bio-adsorbent 1 used proves effective in the elimination of dyes.

Keywords: adsorption; AG 25, adsorption isotherm

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تحديد قوة الممتزات لاثنين من الممتزات الحيوية Bio1) و (Bio 2 لإزالة صبغة من AGreen 25 (Acid Green 25: AG 25)في وسط مائي. تأثير بعض المعلمات على امتصاص الصبغة على دعاماتنا الصلبة ، وبالتحديد التركيز الأولي لـAG 25 ، ووقت التلامس بينهما وتأثير الكتلة وتأثير الخواص الحركية.

قدرة ربط الصبغة في Bio 1 أكبر (14٪) من7) Bio2 ٪ .(تم فحص سلوك الامتزاز لهذه الصبغة عند التوازن بواسطة نماذج Langmuir و Freundlich متساوي الحرارة. كانت بيانات التوازن أكثر توافقًا مع نموذج langmuir. تشير الدراسات الحركية لامتصاص هذه الصبغة بوضوح إلى أن العملية هي نموذج من الدرجة الثانية الزائفة. أثبتت مادة الامتصاص الحيوي 1 المستخدمة فعاليتها في القضاء على الأصباغ.

الكلمات الرئيسية: الامتزاز25 AG . ، متساوي الامتزاز