



Mémoire de Master

Présenté par :

- ATMANI Yasmine
- MADANI Chahinaz

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie

Spécialité : Chimie analytique

Thème :

Elimination du Rouge Azucryl (RA) par un
adsorbant à base de déchets agricoles (AMCFP)

Soutenu le : 18/10/2020

Devant le jury composé de :

Nom & Prénom	Département d'affiliation	Qualité
BOUKEHIL Ghouzala	Chimie	Présidente
ISSAADI Hamida	Chimie	Examinatrice
BENKHODJA-GRABA Zahra	Chimie	Encadreur

2019-2020

Remerciements



Nous remercions tout d'abord Dieu le tout puissant de nous avoir donné la force et la volonté pour mener à bien ce travail.

Nous tenons à remercier vivement Mme BENKHODJA-GRABA Zahra, qui a accepté de nous encadrer dans ce projet passionnant et intéressant et à qui nous exprimons notre profonde gratitude pour son suivi constant, sa confiance et son encouragement.

Nous remercions énormément la doctorante Imane AKKARI de nous avoir apportés son aide.

Nous remercions vivement tous les membres du jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail.

Nous tenons à remercier tous les enseignants, qui ont assuré notre formation durant notre cycle universitaire.

Nos remerciements s'adressent à l'ensemble de nos camarades de la promotion.

Finalement, il nous est particulièrement agréable d'exprimer ici notre reconnaissance envers nos familles respectives dont le soutien a été essentiel tout au long de nos études ainsi qu'à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Dédicaces



Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents pour leur amour, leurs sacrifices et leur encouragement ;

Ma chère grand-mère que Dieu la garde en bonne santé ;

La mémoire de mon cher grand-père, qu'Allah l'accueille dans son vaste paradis ;

Ma chère sœur Manel et mes chers frères ;

Mes Chères tantes ainsi que leurs époux ;

Mes chers cousins et cousines ;

Tous mes amis (es) ;

Mes camarades de « Master ».

Yasmine

Dédicaces



Au nom de DIEU le Clément et Miséricordieux Louange à ALLAH le tout puissant.

En tout premier Lieu, je remercie Le DIEU, tout puissant, de m'avoir donné la force pour Survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Je dédie ce modeste travail à :

Mon cher père Achour et ma très chère mère Akila, que Dieu ait pitié d'elle pour leur amour et leurs support continu et ils m'ont toujours servi d'inspiration ;

Mes adorables frères Terak, Fayaz et Mohamed et ma sœurs Nouria ;

*Ma sœur, amis et binôme Yasmine pour sa compréhension et son soutien ;
mon autre moitié et mon soutien Issam ;*

Tous mes camarades de classe ;

Mes chères amies : Manel, Fadia, Fatima, Sonia, Yasmine, Samiha et Souad.

Tous mes proches et amis que je n'ai pas cité.

Chahinaz

Liste des abréviations

A : Absorbance ou densité optique.

b : Constante de Temkin liée à la chaleur d'adsorption (J/mol).

C : Concentration molaire (mol/L).

C₀ : Concentration initiale (mg/L).

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

C_t : Concentration à l'instant t (mg/L).

C' : Constante liée à l'épaisseur de couche limite (mg/g).

I₀ : Intensité du faisceau incident.

I : Intensité du faisceau transmis.

K₁ : Constante de vitesse de premier ordre (min⁻¹).

K₂ : Constante de vitesse de second ordre (g.mg⁻¹.min⁻¹).

K_D : Constante de vitesse de diffusion intra-particulaire (mg.g⁻¹.min^{-1/2}).

K_F : Constante de Freundlich (mg^{1-1/n}.L^{1/n}.g⁻¹).

K_L : Constante de Langmuir (L/g).

l : Épaisseur de la cuve (cm).

m_s : Masse d'adsorbant (g).

M : Masse molaire (g/mol).

n : Paramètre énergétique de Freundlich.

n_a : Nombre de moles adsorbées (mmol).

1/n : Intensité d'adsorption.

P : Pression du gaz (mm Hg).

P₀ : Pression de vapeur saturante (mm Hg).

P/P₀ : Pression relative d'équilibre à une température T donnée.

Liste des abréviations

q_e : Quantité d'adsorbant fixé à l'équilibre (mg/g).

q_m : Quantité maximale du colorant adsorbée (mg/g).

q_t : Quantité d'adsorbant fixé à l'instant t (mg/g).

R : Constante des gaz parfaits ($J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$).

R^2 : Coefficient de corrélation.

R_L : Facteur de séparation.

t : Temps (min).

T : Température ($^{\circ}C$ ou K).

V : Volume de la solution (L).

x : Quantité de soluté adsorbé (mg).

ACBP: Acid-hydrolyzed banana peels.

ALBP: alkali-hydrolyzed banana peels.

BBP: Bleached banana peels.

BM: Bleu Méthylène.

DBO : Demande biochimique en oxygène ($mg \cdot L^{-1}$).

DCO : Demande chimique en oxygène ($mg \cdot L^{-1}$).

MO : Méthyle Orange.

pH : Potentiel Hydrogène.

RA : Rouge Azucryl.

RC: Rouge Congo.

UTBP: Untreated banana peels.

UV-Vis: Ultraviolet-Visible

I.U.P.A.C: International Union of Pure and Applied Chemistry.

Liste des abréviations

ε : Coefficient d'absorption molaire.

ΔG : Variation de l'enthalpie libre ($\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$).

ΔG° : Variation de l'enthalpie libre standard ($\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$).

ΔH° : Variation de l'enthalpie standard ($\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}$).

ΔS : Variation de l'entropie ($\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).

ΔS° : Variation de l'entropie standard ($\text{J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).

λ_{max} : Longueur d'onde maximale (nm).

SOMMAIRE

Liste des tableaux

Tableau 1 : Différences entre l'adsorption chimique et l'adsorption physique.....	4
Tableau 2 : Facteurs influant sur le phénomène d'adsorption.....	5
Tableau 3 : Principaux groupements chromophores et auxochromes classés par intensité croissante.....	17
Tableau 4 : Principaux avantages et inconvénients des techniques de traitements des effluents industriels.....	20
Tableau 5 : Caractéristiques des produits chimiques utilisés.....	26
Tableau 6 : Caractéristiques physico-chimique du Rouge Azucryl.....	27

Liste des figures

Figure 1 : Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbat au sein d'un grain d'adsorbant..	5
Figure 2 : Principaux types d'isothermes selon Giles et Coll.....	6
Figure 3 : Différents types d'isothermes d'adsorption des gaz selon l'I.U.P.A.C.....	8
Figure 4 : Etapes de la préparation mécanique de l'adsorbant.....	26
Figure 5 : Formule développée de Rouge Azucryl	27
Figure 6 : Spectre d'absorption de RA.....	28
Figure 7 : Courbes d'étalonnage de RA à différents pH.....	29
Figure 8 : Dispositif expérimental utilisé pour les essais d'adsorption.....	30

Sommaire

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

Chapitre I : Théorie de l'adsorption

I.1. Introduction.....	3
I.2. Définition	3
I.3. Types d'adsorption.....	3
I.3.1. Adsorption physique.....	3
I.3.2. Adsorption chimique.....	3
I.4. Mécanisme de l'adsorption.....	4
I.5. Facteurs influant sur le phénomène d'adsorption.....	5
I.6. Isotherme d'adsorption.....	6
I.6.1. Classification des isothermes d'adsorption.....	6
I.6.1.1. Classification de Giles et Coll.....	6
I.6.1.2. Classification de l'I.U.P.A.C.....	7
I.7. Modèles mathématiques des isothermes d'adsorption.....	9
I.7.1. Modèle de Langmuir.....	9
I.7.2. Modèle de Freundlich.....	10
I.7.3. Modèle de Temkin.....	11
I.8. Modélisation des cinétiques d'adsorption.....	12
I.8.1. Modèle cinétique de pseudo-premier ordre.....	12
I.8.2. Modèle de Ho et McKay.....	13
I.8.3. Modèle de Weber et Morris.....	13

I.9. Paramètres thermodynamiques d'adsorption.....	14
--	----

Chapitre II : Généralités sur les colorants

II.1. Introduction.....	16
II.2. Définition.....	16
II.3. Classification.....	17
II.3.1. Classification chimique.....	17
II.3.2. Classification tinctoriale.....	18
II.4. Toxicité des colorants.....	18
II.5. Traitements des effluents colorés.....	19

Chapitre III: Généralités sur les déchets et élimination des polluants par les déchets agricoles

III.1. Définition d'un déchet.....	21
III.2. Classification	21
III.3. Les déchets agricoles.....	22
III.3.1. Composition chimique	22
III.4. Les biosorbants.....	23
III.5. L'utilisation des déchets agricoles dans l'élimination des polluants organiques et inorganiques.....	23
III.5.1. Tiges de dattes.....	23
III.5.2. Les écorces de citron.....	24
III.5.3. Ecorces de pamplemousse.....	24
III.5.4. Pelures de banane.....	24

Partie expérimentale

I.1. Introduction	25
-------------------------	----

I.2. Matériel et produits chimiques utilisés.....	25
I.2.1. Matériel.....	25
I.2.2. Produits chimiques.....	25
I.3. Adsorbant.....	26
I.3.1. Préparation mécanique.....	26
I.3.2. Activation chimique.....	27
I.4. Adsorbat (RA).....	27
I.4.1. Spectrophotométrie UV-Visible.....	28
I.5. Protocole expérimental.....	28
I.5.1.Méthode de dosage.....	28
I.5.2. Préparation des solutions étalons.....	29
I.5.3.Essais d'adsorption.....	29
Conclusion.....	31

Références bibliographiques

INTRODUCTION GENERALE

Introduction

La contamination des ressources en eau, est un problème qui se pose avec acuité de nos jours. On y retrouve des résidus de produits nettoyants domestiques, des rejets industriels et commerciaux variés. Ces effluents engendrent une pollution de plus en plus importante, menaçant l'environnement et la santé de l'homme [1].

L'industrie du textile, pour ses différents usages, rejette une eau le plus souvent chargée en colorants. Ces derniers sont de plus en plus des colorants de synthèse, en raison de leur facilité de synthèse, de leur rapidité de production et de leur grande variété de couleurs si on les compare aux colorants naturels. Aujourd'hui, les colorants de synthèse constituent une véritable industrie et un capital de la chimie moderne. Leur production mondiale est évaluée à 800 000 tonnes/an. Une partie de ces colorants, approximativement 140 000 tonnes/an, est rejetée lors des étapes de fabrication et coloration des tissus [1,2].

Les rejets d'eau fortement chargés en colorants dans l'écosystème génère des problèmes de pollution esthétique, sachant qu'ils sont clairement apparents pour des concentrations inférieures à 1 mg/L et que leur concentration dans les eaux usées de textiles varie de 10 à 200 mg/L. Ils sont peu ou pas biodégradables [3]. En outre leur présence dans les systèmes aquatiques, même à faible concentration, réduit la pénétration de la lumière et a donc un effet néfaste sur la photosynthèse [4].

La protection de l'environnement est devenue ainsi un enjeu économique et politique majeur. Tous les pays du monde sont concernés par la sauvegarde des ressources en eau douce, soit parce qu'ils manquent d'eau, soit parce qu'ils la polluent [5]. Une large variété de techniques physiques, chimiques et biologiques a été développée et testée pour traiter et décolorer des effluents pollués tels que: la floculation, la précipitation, l'échange d'ions, la filtration sur membranes...etc. .Cependant, ces procédés sont souvent coûteux ce qui a encouragé la recherche à trouver d'autres méthodes concurrentes [6]. L'adsorption est la méthode la plus favorable pour l'élimination des colorants. C'est est une méthode analytique de choix, très efficace et simple d'utilisation [7].Le principe du traitement par adsorption est de piéger le polluant (adsorbat) par un matériau solide appelé adsorbant.

Les recherches sont axées sur l'utilisation d'adsorbants à faible coût, disponibles localement, adsorbants biodégradables, fabriqués à partir des sources naturelles. Ces dernières années, les déchets agricoles(les noyaux d'olives [8,9], de dattes [7], épiluchures de pomme [10], les déchets de thé [11]...etc.) ont été largement utilisés comme adsorbants pour traiter les effluents colorés.

Les objectifs que nous nous sommes fixés sont d'une part, valoriser les déchets agricoles en leur conférant des propriétés d'adsorption de façon à enrichir leur domaine d'application et d'autre part contribuer par l'élimination d'un colorant (le Rouge Azucryl) à la protection de l'environnement.

Notre mémoire de fin d'études comporte deux parties :

Partie théorique : consiste en une recherche bibliographique organisée autour de trois chapitres en plus de l'introduction et de la conclusion :

- Le premier traite de la théorie de l'adsorption ;
- Nous donnerons dans le deuxième des généralités sur les colorants ;
- Le troisième chapitre est consacré aux généralités sur les déchets et l'utilisation des déchets agricoles comme adsorbants pour l'élimination des polluants organiques et inorganiques.

Partie expérimentale : dans cette partie on a décrit les produits et le matériel utilisés ainsi que le mode de préparation de l'adsorbat et l'adsorbant.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

I.1. Introduction

L'adsorption est l'un des procédés les plus utilisés dans le monde en vue d'élimination des colorants dans les réseaux des eaux usées. Cependant, les charbons actifs commerciaux (principaux adsorbants utilisés) sont relativement chers, les recherches sont axées sur l'utilisation des adsorbants de faible coût, ayant une efficacité comparable à celle des charbons. Ces dernières années, les déchets agricoles ont été largement utilisés comme adsorbants pour traiter les effluents colorés en raison de leur structure poreuse très importante, leur surface spécifique et leur grande capacité d'adsorption [12].

I.2. Définition

L'adsorption est un phénomène d'interface. Des molécules contenues dans un fluide (gaz ou liquide) appelé « adsorbat », se fixent à la surface d'un solide appelé « adsorbant ». Les sites où se fixent les molécules d'adsorbat sont appelés sites actifs [13]. Les interactions de surface entre l'adsorbant et l'adsorbat dépendent fortement de la nature chimique des constituants mis en jeu. Les quantités adsorbées quant à elles, dépendent non seulement de la surface des matériaux, mais également de la température et de la concentration [14].

I.3. Types d'adsorption

L'adsorption résulte de l'existence de forces à la surface d'un solide, qui sont de nature physique ou chimique, qui conduisent respectivement à deux types d'adsorption : chimique (chimisorption) et physique (physisorption).

I.3.1. Adsorption physique

L'adsorption physique ou physisorption est due à des forces de Van der Waals ou liaison d'hydrogène. Il n'y a aucune altération chimique des molécules adsorbées, et la chaleur d'adsorption est faible, du même ordre de grandeur que la chaleur de condensation (40 kJ/mol). Étant un phénomène physique, ce type d'adsorption est, en général, réversible par des changements de température, de pression... ; l'adsorption se fait en plusieurs couches (les molécules de la première couche sont les sites d'adsorption pour ceux de la deuxième) [15].

I.3.2. Adsorption chimique

L'adsorption chimique ou chimisorption met en jeu la formation de liaisons chimiques covalentes ou ioniques entre l'adsorbat et l'adsorbant, ce qui suppose que la chaleur d'adsorption est de l'ordre de grandeur des chaleurs de réaction (200 à 400 kJ/mol), il y a formation d'une seule couche (monocouche) et ce type d'adsorption est généralement

irréversible (produisant une modification des molécules adsorbées) [15]. Dans le tableau 1, sont rassemblées les différences entre les deux types d'adsorption.

Tableau 1: Différences entre l'adsorption chimique et l'adsorption physique.

	Adsorption physique	Adsorption chimique
Type de liaison	Liaisons faibles (forces de Van der Waals ou hydrogène)	Liaisons fortes (forces ioniques)
Quantité adsorbée	Mono ou multicouches	Uniquement monocouche
Caractère de la surface	Plus ou moins homogène	Hétérogène (les sites ne sont pas équivalents du point de vue énergétique)
Chaleur d'adsorption	< 50 kJ/mol	> 50 kJ/mol
Vitesse d'adsorption	Rapide sauf s'il y a diffusion dans les micropores	Parfois lente à cause de la grande barrière d'énergie d'activation
Réversibilité du phénomène	Très marquée (réversible)	Limitée

I.4. Mécanisme de l'adsorption

Au cours de l'adsorption d'une espèce sur un solide, le transfert de masse se fait de la phase fluide vers le centre de l'adsorbant. Ce processus s'opère en trois étapes [16].

- ✓ Le transfert de matière externe qui se fait par diffusion moléculaire à travers la couche limite de fluide présente autour du grain d'adsorbant ;
- ✓ Le transfert de matière interne macroporeux : les molécules migrent à l'intérieur des macropores et des mésopores de l'adsorbant, de la surface vers l'intérieur du grain ;
- ✓ Le transfert de matière interne microporeux: les molécules diffusent dans les micropores.

La figure 1, représente un matériau (adsorbant) avec les différents domaines dans lesquels peuvent se trouver les molécules organiques ou inorganiques qui sont susceptibles de rentrer en interaction avec le solide [17].

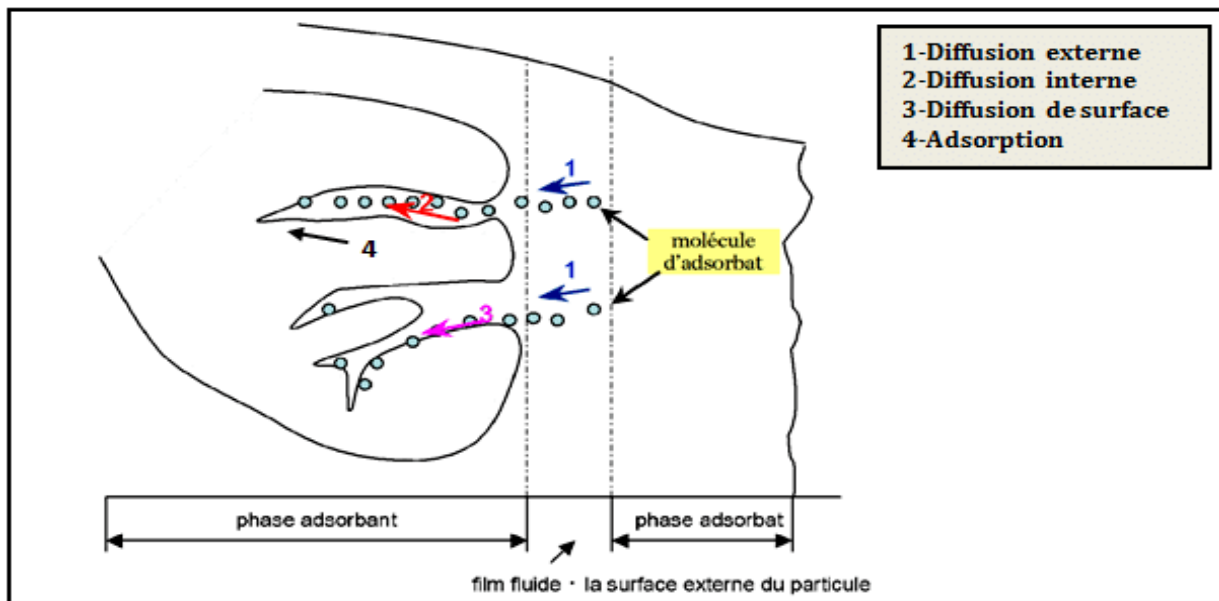


Figure 1: Schéma du mécanisme de transport d'un adsorbant au sein d'un grain d'adsorbant.

I.5. Facteurs influant sur le phénomène d'adsorption

Les facteurs susceptibles d'avoir une influence sur le processus d'adsorption sont résumés dans le tableau 2 [18-20].

Tableau 2 : Facteurs influant sur le phénomène d'adsorption.

Facteurs liés à l'adsorbant	Facteurs liés à l'adsorbant	Les conditions opératoires
La surface spécifique	La masse molaire.	La concentration en adsorbant et en adsorbat.
La densité	La taille des molécules.	Le pH du milieu.
La distribution de la taille des pores	La polarité.	La température de la solution.
Le taux de cendres	La solubilité.	Le temps de contact entre l'adsorbant et l'adsorbat.
La nature des groupements fonctionnels qui se trouvent à sa surface.	La nature des groupements fonctionnels (acides ou basiques).	La présence d'espèces compétitives pour les mêmes sites d'adsorption (cas des mélanges).
		La vitesse d'agitation.

I.6. Isotherme d'adsorption

Une isotherme d'adsorption exprime, pour un couple adsorbat /adsorbant, la courbe caractéristique, à une température donnée, de la quantité de molécules adsorbées par unité de masse d'adsorbant en fonction de la concentration de soluté à l'équilibre en phase fluide. L'allure de cette courbe permet d'émettre des hypothèses sur les mécanismes mis en jeu [21].

I.6.1. Classification des isothermes d'adsorption

Il existe plusieurs types d'isothermes. Les principales mises en équations sont celles de l'I.U.P.A.C, celle de Brunauer et Coll et celle de Giles et Coll [22].

Les classifications des isothermes les plus connues sont :

- Classification de Giles et Coll ;
- Classification de l'I.U.P.A.C.

I.6.1.1. Classification de Giles et Coll

Giles et Coll (1947) ont classé les isothermes d'adsorption en phase liquide/solide en quatre classes principales : L(Langmuir), S(Sigmoïde), H (Haute affinité) et C (partition constante). La figure 2, illustre la forme de chaque type d'isotherme.

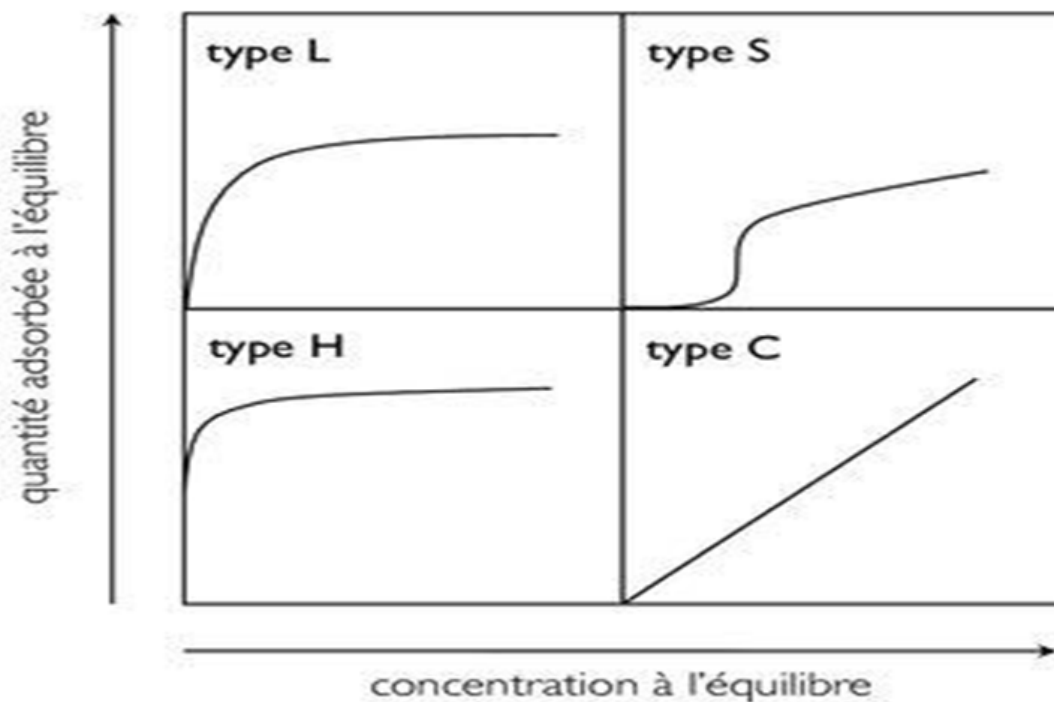


Figure 2 : Principaux types d'isothermes selon Giles et Coll.

Classe L: Les isothermes de cette classe présentent, à faible concentration, une concavité tournée vers le haut. Les molécules adsorbées favorisent l'adsorption ultérieure d'autres molécules.

Classe S: Décrit la plupart du temps une adsorption, dans laquelle l'interaction adsorbat-adsorbat est plus forte que celle entre l'adsorbant et l'adsorbat. La courbe est sigmoïde et possède donc un point d'inflexion. Cette isotherme est toujours la conséquence de la compétition entre deux mécanismes opposés.

Classe H : Egalement appelée de haute affinité, elle peut être considérée comme un cas spécial de l'isotherme L. Ce type d'isotherme indique que l'adsorbat a tellement d'affinité pour l'adsorbant qu'en solution il est quasi complètement adsorbé, c'est pourquoi la partie initiale de la courbe est verticale.

Classe C : Elle se caractérise par une partition constante entre la solution et le substrat jusqu'à un palier. La linéarité montre que le nombre de sites libres reste constant au cours de l'adsorption.

I.6.1.2. Classification de l'I.U.P.A.C

L'I.U.P.A.C (International Union of Pure and Apply Chemistry) classe les isothermes d'adsorption en six types différents (I à VI), représentés sur la Figure 3.

Type I

Les isothermes de type I sont typiques d'une adsorption en monocouche, ou correspondant au remplissage de micropores avec saturation lorsque le volume à disposition est totalement rempli. Cette isotherme est relative à des solides microporeux de diamètre inférieur à 25 Å.

Type II

Les isothermes de type II, au contraire, correspondent en général à l'adsorption multicouches sur des surfaces ouvertes. Cependant, une isotherme de type II peut aussi résulter d'une somme d'isothermes I + II (remplissage de micropores suivi d'une adsorption multicouches sur une surface externe). Le point d'inflexion ou le genou de l'isotherme est appelé point B. Ce point indique le stade auquel la couverture monocouche est terminée et l'adsorption multicouche commence à se produire [23].

Type III

L'isotherme réversible de type III est convexe à l'axe P/P_0 sur toute sa plage et ne présente donc pas de point B. Ceci indique que les interactions attractives adsorbat-adsorbant sont relativement faibles et que les interactions adsorbat-adsorbat jouent un rôle important. Les isothermes de ce type ne sont pas courantes.

Type IV

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

Type V

L'isotherme de Type V est très similaire à l'isotherme de type IV, mis à part que les interactions entre l'adsorbat et le matériau poreux sont faibles. La monocouche qui se forme n'est pas complète lorsque la condensation a lieu à l'intérieur des pores.

Type VI

L'isotherme de type VI est associée à une adsorption couche par couche sur une surface hautement uniforme.

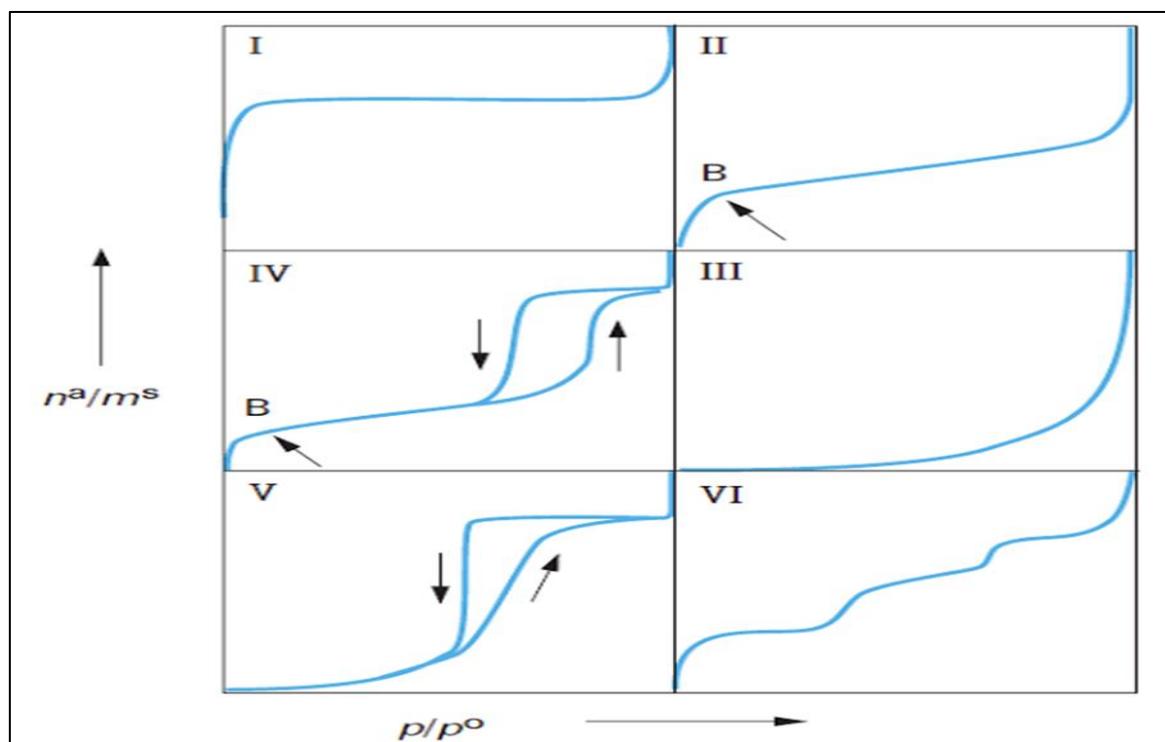


Figure 3 : Différents types d'isothermes d'adsorption des gaz selon l'I.U.P.A.C.

Où :

n^a : Nombre de moles adsorbées (mmol) ;

m^s : Masse d'adsorbant (g) ;

P/P^0 : Pression relative d'équilibre à une température T donnée ;

P : Pression du gaz (mm Hg) ;

P^0 : Pression de vapeur saturante (mm Hg).

I.7. Modèles mathématiques des isothermes d'adsorption

L'isotherme d'adsorption est la méthode la plus utilisée pour représenter les états d'équilibre d'un système d'adsorption. Elle peut donner des informations utiles concernant l'adsorbat, l'adsorbant et le processus d'adsorption. Elle aide à déterminer la surface spécifique de l'adsorbant, le volume des pores et la distribution de leur taille, la chaleur d'adsorption ... Plusieurs modèles mathématiques ont été développés pour représenter les isothermes d'adsorption : Langmuir, Freundlich, Temkin..... [24].

I.7.1. Modèle de Langmuir

C'est le modèle le plus utilisé, il s'applique à l'adsorption sur des surfaces complètement homogènes en négligeant les interactions entre les molécules adsorbées [25]. Cette isotherme repose sur les hypothèses suivantes :

- Tous les sites d'adsorption sont énergétiquement équivalents et la surface est uniforme ;
- Une seule molécule peut s'adsorber par un site ;
- Adsorption en monocouche ;
- Il n'y a pas d'interactions entre les molécules adsorbées.

L'équation modélisant l'adsorption est la suivante :

$$q_e = \frac{x}{m} = \frac{q_m \cdot K_L \cdot C_e}{1 + K_L \cdot C_e} \quad (1)$$

Avec :

K_L : Coefficient d'adsorption ou constante de Langmuir relative à la capacité et à la vitesse d'adsorption ($L \cdot mg^{-1}$) ;

q_e : Quantité de soluté adsorbé par unité de masse d'adsorbant à l'équilibre ($mg \cdot g^{-1}$) ;

q_m : Quantité nécessaire pour couvrir la surface d'un gramme d'adsorbant d'une couche mono-moléculaire de soluté (mg.g^{-1}) ;

C_e : Concentration en soluté de la solution à l'équilibre (mg.L^{-1}) ;

x : Quantité de soluté adsorbé (mg) ;

m : Masse de l'adsorbant (g).

La linéarisation de l'équation (1) donne l'équation (2):

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{C_e}{q_m} + \frac{1}{q_m \cdot K_L} \quad (2)$$

La représentation de $\frac{C_e}{q_e}$ en fonction de C_e nous permet de déterminer q_m et K_L .

La caractéristique de l'isotherme de Langmuir peut être exprimée par un nombre sans dimension appelé paramètre d'équilibre R_L (dit aussi facteur de séparation), défini par McKay et Coll en 1989 [26] par l'équation (3).

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L C_0} \quad (3)$$

Où :

C_0 est la concentration initiale de l'adsorbat : (mg.L^{-1}).

L'équilibre est dit :

- irréversible : $R_L = 0$;
- Linéaire : $R_L = 1$;
- Défavorable : $R_L > 1$;
- Favorable: $0 < R_L < 1$.

I.7.2. Modèle de Freundlich

C'est une équation semi-empirique largement utilisée. Elle donne un meilleur ajustement, particulièrement pour l'adsorption des liquides [27]. Ce modèle peut être utilisé pour décrire l'adsorption sur des surfaces hétérogènes et lorsqu'il y a adsorption en multicouches.

L'équation(4) représente ce modèle :

$$q_e = K_F \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \quad (4)$$

Cette équation peut être linéarisée sous la forme suivante :

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (5)$$

Avec :

q_e : Quantité de soluté adsorbée par unité de masse de l'adsorbant à l'équilibre (mg.g^{-1}) ;

K_F : Constante de Freundlich qui donne une indication grossière de la capacité d'adsorption de l'adsorbant ($\text{mg}^{1-1/n} \cdot \text{L}^{1/n} \cdot \text{g}^{-1}$). Lorsque K_F augmente, la capacité d'adsorption augmente ;

C_e : Concentration de l'adsorbat à l'équilibre dans la phase liquide (mg.L^{-1}) ;

n : Paramètre énergétique de Freundlich, c'est à dire l'affinité de l'adsorbat vis-à-vis de l'adsorbant ;

$\frac{1}{n}$: Intensité d'adsorption.

La valeur de $\frac{1}{n}$, détermine l'allure de l'isotherme :

- $\frac{1}{n} = 1$: L'isotherme est linéaire de type C ;
- $\frac{1}{n} > 1$: L'isotherme est convexe de type S ;
- $\frac{1}{n} < 1$: L'isotherme est concave de type L ;
- $\frac{1}{n} \ll 1$: L'isotherme est de type H.

D'après R.E Treybal [28] Si :

- n est compris entre 2 et 10, l'adsorption est facile ;
- n est compris entre 1 et 2, l'adsorption est modérément difficile ;
- n est inférieur à 1, l'adsorption est faible.

I.7.3. Modèle de Temkin

Ce modèle suppose que la chaleur d'adsorption varie linéairement avec le degré de recouvrement [29]. Cette variation peut être liée à l'hétérogénéité de la surface ou à des interactions latérales entre molécules adsorbées [30-32]. L'adsorption est caractérisée par une distribution uniforme des énergies de liaison jusqu'à une certaine énergie maximale de liaison. L'isotherme de Temkin est représentée par l'équation (6) [33].

$$q_e = \frac{R.T}{b} \ln(K_T \cdot C_e) \quad (6)$$

Sa linéarisation donne l'équation (7) :

$$q_e = B_T \ln K_T + B_T \ln C_e \quad (7)$$

Où :

$$B_T = \frac{RT}{b}$$

R : Constante des gaz parfaits ($8.314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$) ;

T : Température absolue (K) ;

K_T : Constante d'équilibre correspondant à l'énergie de liaison maximale (L.g^{-1}) ;

B_T : Constante liée à la chaleur d'adsorption (J.mol^{-1}).

Ces constantes sont obtenues en traçant la droite $q_e = f(\ln C_e)$.

I.8. Modélisation des cinétiques d'adsorption

La cinétique d'adsorption est définie par l'évolution de la quantité adsorbée en fonction du temps de contact adsorbat/adsorbant [33]. La connaissance de la cinétique de l'adsorption présente un intérêt pratique considérable pour la mise en œuvre optimale d'un adsorbant dans une opération industrielle fondée sur les phénomènes d'adsorption, ainsi que pour connaître les facteurs conduisant à la cinétique la plus rapide possible.

Trois modèles cinétiques sont souvent utilisés pour l'analyse des résultats expérimentaux :

I.8.1. Modèle cinétique de pseudo-premier ordre (modèle de Lagergren)

C'est le plus ancien des modèles cinétiques, il a été proposé par Lagergren en 1898 [34]. Ce modèle considère l'adsorption comme limitée par la formation de la liaison entre soluté et site actif. L'équation différentielle de Lagergren qui régit la cinétique d'adsorption de premier ordre est :

$$\frac{dq_t}{dt} = K_1 (q_e - q_t) \quad (8)$$

L'intégration de l'équation (8) entre 0 et t, conduit à l'équation (9) :

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 \cdot t \quad (9)$$

Où

K_1 : Constante de vitesse de premier ordre (min^{-1}) ;

q_t : Quantité adsorbée à l'instant t (mg.g^{-1}) ;

q_e : Quantité adsorbée à l'équilibre (mg.g^{-1}) ;

t : Temps (min).

La valeur de q_t (mg.g^{-1}) à l'instant t est obtenue à partir de l'équation (10) :

$$q_t = (C_0 - C_t) \frac{V}{m} \quad (10)$$

En traçant $\ln(q_e - q_t)$ en fonction du temps t , on peut déterminer la constante de vitesse d'adsorption K_1 .

I.8.2. Modèle de Ho et McKay

Ce modèle traduit l'existence d'un équilibre entre espèces en solution et adsorbées. Le modèle de second ordre suit l'équation (11).

$$\frac{dq_t}{dt} = K_2(q_e - q_t)^2 \quad (11)$$

Où :

K_2 : Constante de vitesse de second ordre ($\text{g.mg}^{-1}.\text{min}^{-1}$).

L'intégration de l'équation (11) entre 0 et t conduit à l'équation (12) :

$$\frac{1}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e} + K_2.t \quad (12)$$

Où :

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{K_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (13)$$

Dans le cas d'un système répondant à la cinétique de second ordre, la représentation de $\frac{1}{q_e - q_t}$ en fonction de t conduit à une droite permettant d'accéder à la constante de vitesse K_2 .

I.8.3. Modèle de Weber et Morris

L'équation de Weber et Morris [35] permet la détermination de la vitesse de diffusion dans les pores en utilisant l'équation suivante :

$$q_t = K_D \sqrt{t} + C' \quad (14)$$

Avec :

K_D : Constante de vitesse de diffusion intra-particulaire dont la valeur est obtenue en portant q_t en fonction de \sqrt{t} ($\text{mg.g}^{-1}.\text{min}^{-1/2}$).

C' : Constante liée à l'épaisseur de la couche limite (mg.g^{-1}).

La représentation de q_t en fonction de \sqrt{t} permet de calculer la constante de vitesse K_D et de mettre en évidence les différentes étapes du processus.

I.9. Paramètres thermodynamiques d'adsorption

Le but de cette étude est de déterminer les paramètres thermodynamiques tels que les variations standards de : l'entropie (ΔS°), l'enthalpie (ΔH°) et de l'enthalpie libre (ΔG°). Les paramètres thermodynamiques sont déterminés à partir des relations mettant en jeu le coefficient de distribution K_d qui est défini dans l'équation (15).

$$K_d = \frac{q_e}{C_e} \quad (15)$$

Avec :

q_e : Quantité d'adsorbat fixée par unité de masse de solide à l'équilibre (mg.g^{-1}).

Elle est donnée par la relation suivante :

$$q_e = (C_0 - C_e) \cdot \frac{V}{m} \quad (16)$$

Où :

C_e : Concentration de l'adsorbât dans le surnageant à l'équilibre (mg.L^{-1}).

V : Volume de la solution (L).

Donc :

$$K_d = \frac{(C_0 - C_e)}{C_e} \cdot \frac{V}{m} \quad (17)$$

La variation de l'enthalpie libre (ΔG) d'un système à température et pression constantes est donnée dans l'équation (18).

$$\Delta G = \Delta H - T \cdot \Delta S \quad (18)$$

Avec :

ΔH : Variation de l'enthalpie (J.mol^{-1}) ;

ΔS : Variation de l'entropie ($\text{J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$) ;

La variation de l'énergie libre ΔG , peut également être exprimée en fonction du coefficient de distribution K_d .

$$\Delta G = \Delta G^\circ + R \cdot T \cdot \ln K_d \quad (19)$$

À l'équilibre $\Delta G = 0$, par conséquent :

$$\Delta G^\circ = -R \cdot T \cdot \ln K_d \quad (20)$$

Donc :

$$\ln K_d = \frac{-\Delta G^\circ}{R \cdot T} \quad (21)$$

D'autre part :

$$\Delta G^{\circ} = \Delta H^{\circ} - T \cdot \Delta S^{\circ} \quad (22)$$

D'où :

$$\ln K_d = \frac{\Delta S^{\circ}}{R} - \frac{\Delta H^{\circ}}{R \cdot T} \quad (23)$$

Qui n'est autre que la loi de Van't Hoff.

La droite obtenue en portant $\ln K_d$ en fonction de $1/T$ permet d'une part, de déterminer la valeur de ΔS° qui nous renseigne sur le degré de désordre à l'interface solide-liquide et donc sur l'importance des interactions soluté-groupements de surface du solide et d'autre part, le signe de ΔH° du processus nous renseigne sur l'exothermicité ou l'endothermicité du processus d'adsorption [36].

II.1. Introduction

Un colorant est une substance colorée qui interagit avec le milieu dans lequel elle est introduite, et le colore en s'y dissolvant et/ou se dispersant. Cette propriété de teindre résultant d'une affinité particulière entre le colorant et la fibre, est à l'origine des principales difficultés rencontrées lors des procédés de teinture. Selon le type d'application et d'utilisation, les colorants synthétiques doivent répondre à un certain nombre de critères afin de prolonger la durée de vie des produits colorés sur lesquels ils sont appliqués : résistance à l'abrasion, stabilité photolytique des couleurs, résistance à l'oxydation chimique (notamment les détergents) et aux attaques microbiennes [37,38].

Les colorants synthétiques ont progressivement supplanté les colorants naturels. Les recherches, menées depuis le milieu du XIX^{ème} siècle, ont débouché sur la fabrication de très nombreuses familles de colorants, où l'on trouve souvent des imitations de la structure chimique des colorants naturels. Cette recherche a joué également un rôle important dans l'essor de la chimie organique et dans la compréhension de la nature des molécules [39,40].

La mauvéine, le premier colorant de synthèse, a été découverte par hasard par William Henry Perkin en 1856. Elle a été obtenue à partir de l'aniline par action de l'acide sulfurique en présence de bicarbonate de potassium et a permis de teindre la soie en violet. Les premiers colorants de type azoïques furent découverts en 1860.

Un colorant possède deux propriétés spécifiques, indépendantes l'une de l'autre, la couleur et l'aptitude à être fixée sur un support tel qu'une fibre. Cette dernière propriété est à l'origine de l'interaction entre la molécule du colorant et le substrat à teindre. Ainsi, cette interaction se forme entre la partie réactive de la molécule colorante et la molécule à teindre par formation d'une liaison sélective [41,42].

II.2. Définition

Un colorant est défini comme étant une matière naturelle ou synthétique capable de teindre une substance d'une manière durable. Les matériaux colorants se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (380 à 750 nm). La transformation de la lumière blanche en lumière colorée par réflexion sur un corps, par transmission diffusion, résulte de l'absorption sélective d'énergie par certains groupes d'atomes appelés chromophores [43]. L'absorption des ondes électromagnétiques par le chromophore est due à l'excitation des électrons d'une molécule [44]. La molécule qui les contient devient chromogène. Cette dernière n'a de possibilités tinctoriales que par

l'adjonction d'autres groupements d'atomes appelés «auxochrome» [45] lesquels permettent la fixation des colorants et peuvent modifier leur couleur.

Dans le tableau 3, sont donnés les principaux groupements chromophores et auxochromes [46].

Tableau 3: Principaux groupements chromophores et auxochromes classés par intensité croissante.

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

II.3. Classification

Les colorants sont classés selon leur structure chimique et/ou leurs méthodes d'application aux différents substrats (textiles, papier, cuir, matières plastiques, etc.). On distingue deux catégories de classification (chimique et tinctoriale).

II.3.1. Classification chimique

Elle repose sur la nature du groupement chromophore. On distingue différentes catégories [47] :

- Les colorants azoïques ;
- Colorants triphénylméthanes ;
- Colorants indigoïdes ;
- Colorants xanthènes ;
- Colorants anthraquinoniques ;
- Colorants phtalocyanines ;
- Colorants nitrés et nitrosés.

II.3.2. Classification tinctoriale

Si la classification chimique présente un intérêt pour le fabricant de matières colorantes, le teinturier préfère le classement par domaines d'application. Ainsi, il est renseigné sur la solubilité du colorant dans le bain de teinture, son affinité pour les diverses fibres et sur la nature de la fixation. Celle-ci est de force variable selon que la liaison colorant/substrat est de type ionique, hydrogène, de Van der Waals ou covalente. On distingue différentes catégories de colorants définies cette fois par les groupements auxochromes [47] :

- Acides ou anioniques ;
- Basiques ou cationiques ;
- De cuve ;
- Directs ;
- A mordants ;
- A complexe métallifère type 1:1 ;
- A complexe métallifère type 1:2 ;
- Réactifs ;
- Développés ou azoïques ;
- Dispersés (plastosolubles) ;
- Au soufre.

II.4. Toxicité des colorants

Selon les estimations, chaque année, plus de 1000 tonnes de colorants sont consommés par l'industrie textile et environ 100 tonnes sont rejetées dans les cours d'eau [48]. La prise de conscience quant à la dangerosité de certains colorants a commencé vers 1890 où l'on surveillait essentiellement les teneurs en cuivre, en arsenic et en plomb dans les colorants synthétiques ou minéraux. Cependant, bien que des toxicologues aient auparavant mis en évidence chez les animaux le risque de cancer lié à l'ingestion de certains colorants azoïques rouges, ce n'est qu'après la deuxième guerre mondiale que de sérieux tests biologiques ont abouti à la remise en cause de la plupart des colorants utilisés. Une réglementation plus exigeante a été instaurée en 1960 concernant le test toxicologique des colorants mis sur le marché [49]. Depuis, les travaux effectués sur les colorants azoïques ont montré que ces composés chimiques présentaient des effets cancérigènes pour l'homme et l'animal [50,51].

II.5. Traitements des effluents colorés

Suite à la toxicité des eaux usées de l'industrie textile, un grand nombre de procédés physiques, chimiques, photochimiques et électrochimiques ont été utilisés pour les traiter afin d'obtenir une eau épurée qui satisfait aux normes de rejets édictées par la législation, autant qu'une bonne gestion de l'eau en milieu industriel. Parmi ces procédés on peut citer :

a) Procédés biologiques

- Traitement aérobie ;
- Traitement anaérobie.

b) Procédés chimiques

- Réduction ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) ;
- Oxydation (oxygène, ozone) ;
- Méthodes complexométriques ;
- Résines échangeuses d'ions.

c) Procédés physiques

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

Le tableau 4, représente les principaux avantages et inconvénients des techniques de traitements des effluents de l'industrie textile [38].

Tableau 4 : Principaux avantages et inconvénients des techniques de traitements des effluents industriels.

Technologie	Exemples	Avantages	Inconvénients
Coagulation/ Floculation	-Chaux -FeCl ₃ - Polyélectrolyte	-Équipement simple -Décoloration relativement rapide -Réduction significative de la DCO	-Formation de boues -Adjonction de produits chimiques nécessaires -Fonctionnement onéreux -Coagulants non réutilisables -Réduction spécifique de la couleur -Peu d'informations sur la réduction de DBO et DCO
Filtration sur membranes	-Osmose inverse -Nano-filtration -Microfiltration -Ultrafiltration.	-Pas d'addition de produits chimiques -Faible consommation énergétique -Réduction de la couleur -Grands volumes traités	-Investissement important -Encrassement rapide des membranes -Pré et post traitement Nécessaires
Adsorption	-Carbone activé -Silice	-Réduction efficace de la couleur -Technologie simple - Faible coût d'utilisation pour certains adsorbants	-Investissement et coût de fonctionnement élevés -Régénération des adsorbants onéreuse voire impossible -Formation de boues.
Procédés biologiques	Aérobie	-Approprié pour les colorants insolubles	-Spécifique à certains colorants -Décoloration variable -Grandes quantités de boues générées -Besoins énergétiques Importants
	Anaérobie	-Décolore la plupart des colorants par un mécanisme de réduction -Réutilisation du méthane produit comme source d'énergie sur le site	-Produits de dégradation inconnus -Beaucoup de produits toxiques non dégradés -Nécessite de grands réservoirs d'aération

III.1. Définition d'un déchet

Un déchet est défini comme tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation et plus généralement toute substance, ou produit rejeté comme sans aucune utilité, sans valeur ou en excès dans un contexte donné [52]. Les déchets peuvent être sous forme solide, liquide ou gazeuse, produits par les activités humaines notamment industrielles et/ou les phénomènes naturels (épuration volcanique, inondation, etc. ...). En général, ils sont classés en fonction de différents critères comme leur provenance, leur composition et leur toxicité. Actuellement, les déchets solides sont soit incinérés, soit traités et recyclés, soit mis en décharge après leur inertie. Pour les effluents liquides et gazeux, différents traitements physico-chimiques et/ou biologiques, ont été développés dans le cadre de leur dépollution afin de se conformer aux réglementations en vigueur [53]. Les déchets agricoles bruts tels que les feuilles, les fibres, les fruits, les graines, les pelures et les déchets des industries forestières comme la sciure, l'écorce, etc. ...ont été utilisés comme adsorbants. Ces matériaux sont disponibles en grandes quantités et peuvent être de potentiels adsorbants en raison de leurs caractéristiques physico-chimiques et de leur faible coût comme les coquilles des graines de tournesol[54].

III.2. Classification

Les déchets sont classés selon leur mode de traitement, leur origine et leur comportement :

- **Déchets ménagers et assimilés** : Ce sont tous les déchets issus de ménages ainsi que les déchets similaires provenant des activités industrielles commerciales, artisanales et autres qui, par leur nature et leur composition, sont assimilables aux déchets ménagers.
- **Déchets inertes** : Généralement constitués d'éléments minéraux stables ou inertes au sens de leur incompatibilité avec l'environnement et qui proviennent de certaines activités d'extraction minières ou de déblais de démolition (terre, gravats, sables, stériles, ...etc.)
- **Déchets banals** : Cette catégorie regroupe essentiellement des déchets constitués de papiers, plastiques, cartons, bois, produits par des activités industrielles ou commerciales et déchets ménagers.
- **Déchets spéciaux** : Ils peuvent contenir des éléments polluants et sont spécifiquement issus de l'activité industrielle (boues de peintures ou d'hydroxydes métalliques, cendres

d'incinération...etc.). Certains déchets sont aussi dits spéciaux lorsque leur production importante sur un même site entraîne des effets préjudiciables pour le milieu naturel (mâchefers des centrales thermiques, phosphogypse, ainsi que certains déchets provenant des laboratoires universitaires et hospitaliers...etc.).

- **Déchets dangereux** : Issus de la famille des déchets spéciaux, ils contiennent des quantités de substances toxiques potentiellement plus importantes et présentent de ce fait beaucoup plus de risques pour le milieu naturel (poussières d'aciéries, rejets organiques complexes, bains de traitement de surface contenant soit du chrome, cyanure ou une forte acidité.
- **Déchets toxiques** : Poisons chimiques ou radioactifs qui sont générés soit par des industries, soit par des laboratoires ou tout simplement par des particuliers qui se débarrassent avec leurs ordures de certains résidus qui devraient être récupérés séparément (ex : flacons de médicaments, seringues, piles et autres gadgets électroniques ...etc.)
- **Déchets fermentescibles** : Principalement constitués par la matière organique, animale ou végétale à différents stades de fermentation aérobies ou anaérobies.

III.3. Les Déchets Agricoles

Ils proviennent de l'agriculture, de la sylviculture et de l'élevage. Ils sont constitués de déchets organiques (résidus des récoltes, déjections animales) et de déchets dangereux (produits phytosanitaires non utilisés, emballages vides ayant contenu des produits phytosanitaires [55]).

III.3.1. Composition Chimique

Les déchets agricoles sont essentiellement composés des matières organiques issues de la photosynthèse. Le carbone, l'oxygène, l'hydrogène et l'azote sont les quatre éléments principaux des composés organiques. Dans les matières organiques d'origine végétale, ils sont présents sous forme de polymères naturels comme la cellulose, l'hémicellulose, les lignines, etc. Les composés minéraux (Ca, K, Mg, Na, Si, certains métaux lourds) représentent une faible proportion dans les déchets agricoles. Leur présence est néanmoins nécessaire pour le développement des plantes. Les substances inorganiques constituent les cendres d'incinération. Du fait de la diversité des déchets des espèces végétales, il n'est pas possible de donner une composition chimique type pour les déchets végétaux [53].

III.4. Les Biosorbants

Les Biosorbants sont des squelettes organiques, constitués pour la plupart de polysaccharides, de formule brute générale $C_x(H_2O)_y$. Ces derniers désignent une grande variété de polymères, initialement appelés hydrates de carbone, dont les principaux sont, selon leur abondance dans la nature, la cellulose, les hémicelluloses, la lignine, les tanins, les pectines, etc. Les biosorbants sont disponibles généralement au niveau des exploitations agricoles et des installations industrielles, notamment les industries agroalimentaires. L'utilisation de ces sous-produits en tant que matériau, vise à les valoriser et à prévenir d'éventuelles conséquences néfastes pour l'environnement et la santé. En ce qui concerne la biosorption des cations métalliques et des colorants, les matériaux les plus recherchés sont ceux ayant une teneur élevée en tanins et en lignine, tel que l'écorce et la sciure de bois. 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 [56].

III.5. Utilisation des déchets agricoles dans l'élimination des polluants

Organiques et inorganiques

Ces dernières années, de nombreuses recherches ont été entreprises pour développer des alternatives nouvelles de fabrication et d'utilisation d'adsorbants bon marché comme par exemple des écorces de fruits, tiges de dattes,... Nous citerons quelques déchets agricoles utilisés dans l'élimination des polluants organiques et inorganiques.

III.5.1. Tiges De Dattes

Des études ont été réalisées sur l'élimination de deux colorants : le Rouge Congo (RC) et le Bleu de Méthylène (BM), par les tiges des dattes. Ce déchet rentre dans la gamme de produits lignocellulosiques abondants et bon marché, qui peuvent concurrencer les matériaux classiques : charbon, silicate, alumine etc. La caractérisation de ce matériau a bien montré la possibilité de sa valorisation. Malgré son emploi brut sans prétraitement préalable et une faible surface spécifique proche de $1\text{m}^2/\text{g}$, mais riche en sites actifs, les essais d'adsorption, ont montré que dans des conditions appropriées le taux d'élimination de chacun des colorants est supérieur à 95%, à des concentrations initiales de 10 à 150 ppm. La dose en tiges de dattes étant de 10 g/L, la température de 20°C, et le temps de contact de 1h. L'étude de l'influence de la température a montré que l'adsorption est endothermique. La seule divergence de comportement entre le RC et le BM est observée pour l'effet du pH où RC a le

maximum d'adsorption à $\text{pH} \leq 2$ alors que le BM a une capacité d'adsorption ultime au-delà de $\text{pH} 3$. La modélisation des isothermes d'adsorption obtenues, concorde bien avec les modèles de Langmuir et de Freundlich pour chacun des colorants étudiés [57].

III.5.2. Les écorces de citron

L'étude a porté sur l'utilisation des écorces de citron comme adsorbant pour éliminer deux colorants anioniques : le Méthyle Orange (MO) et le Rouge Congo (RC). Les résultats ont montré que les quantités maximales de colorants adsorbées sont respectivement égales à 50,3 et 34,4 mg/g pour MO et RC, pour un temps de contact de 70 min, une vitesse d'agitation de 45 à 50 tours/min, une concentration en colorant de 50 mg/L, une dose d'adsorbant de 5 g/L, et à $\text{pH} 2$ [58].

III.5.3. Ecorces de pamplemousses

L'élimination des ions Pb^{2+} des eaux usées, a été réalisée en utilisant comme adsorbant les écorces de pamplemousses. Les résultats expérimentaux ont montré que l'adsorbant pourrait éliminer plus de 90% de Pb^{2+} des eaux usées avec un pH initial de 5,3 à 6,5, un temps d'équilibre de 90 min, une dose d'adsorbant de 10 g/L, une concentration initiale en Pb^{2+} des eaux usées de 100 mg/L et à 30°C [59].

III.5.4. Pelures de banane

L'étude a été réalisée sur l'utilisation des pelures de banane (BBP) comme adsorbant pour éliminer les ions Cr^{6+} et Mn^{2+} d'une solution aqueuse. Les capacités maximales d'élimination de Cr^{6+} sont de : UTBP (45%), ALBP (87%), ACBP (67%) et BBP (40%). Tandis que pour Mn^{2+} , les capacités maximales d'élimination sont de : UTBP (51%), ALBP (90%), ACBP (74%) et BBP (67%).

L'élimination maximale de Cr^{6+} et de Mn^{2+} a été obtenue à une concentration initiale de 3 mg/L, une dose d'adsorbant de 4 g/L, un pH de 6 et un temps de contact de 60 min [60].

PARTIE EXPERIMENTALE

I.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous proposons d'aborder les méthodologies employées pour la préparation de l'adsorbant utilisé (déchet agricole). Nous décrirons ensuite le mode de préparation des solutions de colorant (Rouge Azucryl) et les techniques de mesure et d'analyse.

I.2. Matériel et produits chimiques utilisés

I.2.1. Matériel

Pour nos expériences, nous avons utilisé le matériel suivant :

- **Hachoir** : de marque Cobra electronic pour broyer le déchet agricole.
- **Tamiseuse**: L'opération de tamisage a été réalisée à l'aide d'une tamiseuse de marque RETSCH AS400 équipée d'une série de tamis de marque RETSCH de différentes dimensions.
- **pH mètre**: La mesure du pH et de la température des solutions aqueuses du Rouge Azucryl (RA), a été effectuée à l'aide d'un pH mètre à affichage numérique de marque BOECO BT-675, muni d'une électrode combinée, une en verre pour la mesure du pH et l'autre en acier pour la lecture de la température. L'appareil est préalablement étalonné avant chaque utilisation avec des solutions tampons de pH 4, 7 et 9. Le pH des solutions aqueuses est ajusté par l'ajout d'acide chlorhydrique (HCl) ou de soude (NaOH) de concentrations égales à 0.1N.
- **Balance** : Toutes les pesées ont été réalisées sur une balance analytique de marque SCALTEC SBC32, de précision égale à ± 0.0001 g.
- **Plaque chauffante** : L'agitation des solutions, ont été réalisées sur une plaque chauffante de marque SI Analytiques GmbH.
- **Chauffe-ballon** : l'activation chimique de notre adsorbant a été réalisée dans une chauffe ballon de marque HEATING MANTLE.
- **Spectrophotomètre** : Les absorbances des solutions de RA ont été mesurées par un spectrophotomètre UV-Visible mono-faisceau de marque SHIMADZU équipé d'un écran pour la lecture directe de la densité optique A ou de la transmittance T.

I.2.2. Produits chimiques

Nous donnons dans le tableau 5 quelques caractéristiques des produits chimiques utilisés.

Partie expérimentale

Tableau 5 : Caractéristiques des produits chimiques utilisés.

Produit chimique	Formule chimique	Masse molaire (g/mol)	Pureté (%)	Marque
Chlorure d'hydrogène	HCl	36,5	36.5-38	Honeywell
Hydroxyde de Sodium	NaOH	40	98-100.5	SIGMA-ALDRICH
Acide nitrique	HNO ₃	63,01	≥65	Honeywell

I.3. Adsorbant

La préparation de l'adsorbant pour notre étude comporte deux étapes :

- Préparation mécanique ;
- Activation chimique.

I.3.1. Préparation mécanique

La préparation mécanique de l'adsorbant comporte plusieurs étapes (figure 4). La matière première une fois lavée sous agitation avec de l'eau de robinet puis avec de l'eau distillée chauffée et séchée à l'étuve à 80°C, broyée avec un hachoir puis tamisée à l'aide d'une série de tamis de dimensions différents (1, 1,4 et 2 mm).

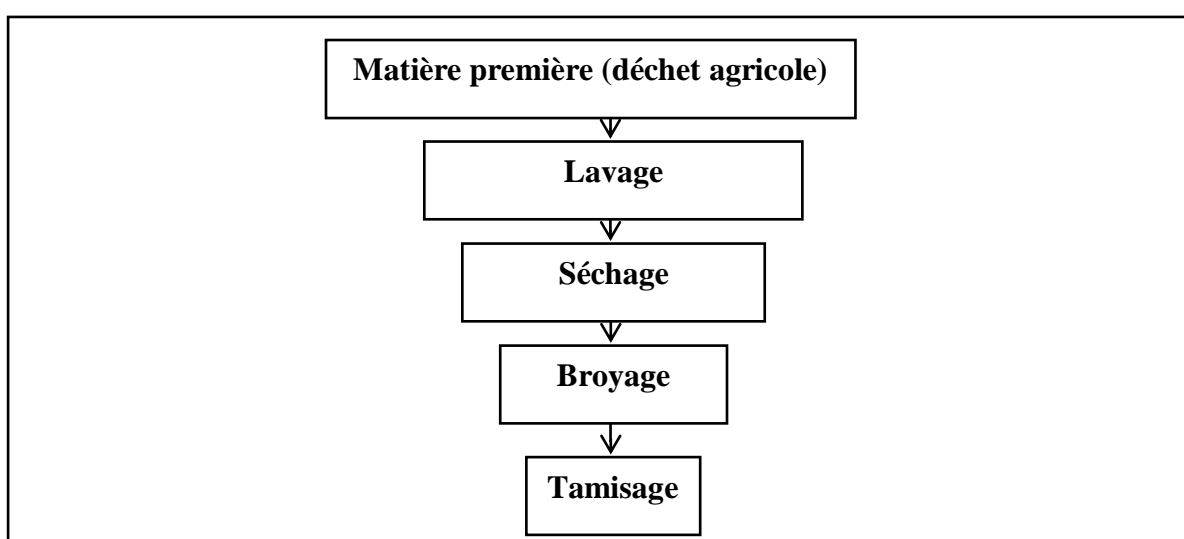


Figure 4: Etapes de la préparation mécanique de l'adsorbant.

Partie expérimentale

I.3.2. Activation chimique

C'est un traitement qui sert à améliorer la porosité du matériau en augmentant le volume poreux et en élargissant le diamètre des pores. L'activation chimique a été effectuée sur le déchet agricole par attaque à l'acide nitrique (HNO_3) à l'aide d'un montage à reflux. Il a consisté à mélanger dans un ballon de 500 mL, 5g de notre déchet à un volume de 125 mL de HNO_3 de concentration 0,1M, à 80°C pendant une heure sous agitation magnétique. A la fin de la manipulation, l'échantillon récupéré après filtration a subi des lavages successifs afin d'éliminer les ions H_3O^+ , suivi du séchage à l'étuve à 80°C puis conservé dans un flacon hermétiquement fermé.

I.4. Adsorbat (RA)

Dans le cadre de cette étude, nous nous sommes intéressés au Rouge Azucryl considéré comme polluant. Il nous a été fourni par l'entreprise textile ALCOVEL d'Akbou (Algérie). Comme tous les colorants, il se caractérise par sa persistance, sa toxicité et son pouvoir d'accumulation dans le milieu naturel. Sa présence dans les systèmes aquatiques, même à faible concentration, réduit la pénétration de la lumière et a donc un effet néfaste sur la photosynthèse. Les caractéristiques physico-chimiques de notre adsorbat, sont regroupées dans le tableau 6. Sa formule développée est donnée sur la figure 5.

Tableau 6 : Caractéristiques physico-chimique du Rouge Azucryl.

Colorant	Formule brute	Type	Masse molaire (g/mol)	Solubilité dans l'eau	λ_{max} (nm)	Firme
Rouge Azucryl (RA)	$\text{C}_{18}\text{H}_{21}\text{BrN}_6$	Basique	401,3	Elevée	531	Azucryl

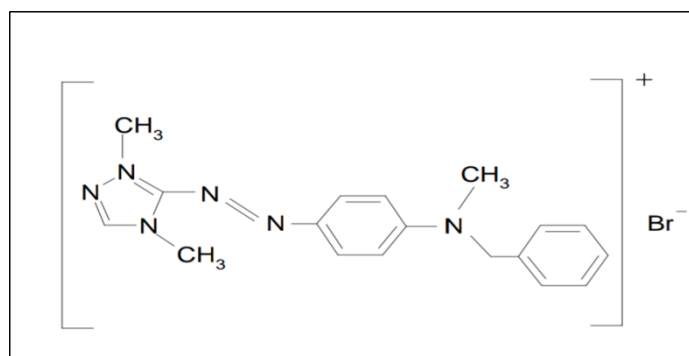


Figure 5 : Formule développée de Rouge Azucryl.

I.4.1. Spectrophotométrie UV-Visible

Cette technique est basée sur la mesure de la transmittance T ou de l'absorbance A des solutions colorées contenues dans des cuves transparentes en verre ayant une longueur du trajet d'absorption égale à 1cm. En général, entre la concentration d'un analyte absorbant et l'absorbance, il existe une relation linéaire qui s'exprime par l'équation de Beer-Lambert :

$$A = \varepsilon \cdot c \cdot l = \log\left(\frac{I_0}{I}\right) = -\log T \quad (24)$$

Avec :

A : absorbance ou densité optique.

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

c : concentration de la solution à analyser (mol/L) ;

l : Épaisseur de la cuve ;

I_0 : intensité du faisceau incident ;

I : intensité du faisceau transmis ;

T : Transmittance.

I.5. Protocole expérimental

I.5.1. Méthode de dosage

Les solutions de colorant ont été analysées avec un spectrophotomètre UV-visible mono-faisceau. Les échantillons sont analysés à la longueur d'onde maximale λ_{\max} correspondant au maximum d'absorption du colorant. λ_{\max} , déterminée après balayage des longueurs d'onde comprises entre 400 et 800 nm sur un échantillon de solution de colorant à différentes concentrations. Le spectre obtenu est représenté sur la figure 6.

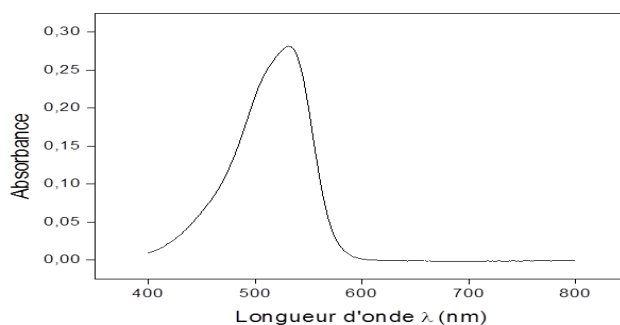


Figure 6 : Spectre d'absorption de RA.

I.5.2. Préparation des solutions étalons

Les solutions étalons de concentration en RA variant de 1 à 10 mg/L ont été préparées par dilution d'une solution mère de concentration 100 mg/L à pH 2, 4, 6, 7, 8 et 10, puis analysées à la longueur d'onde λ égale à 531 nm correspondant au maximum d'absorption du Rouge Azucryl. La figure 7, représente les courbes d'étalonnage à différents pH.

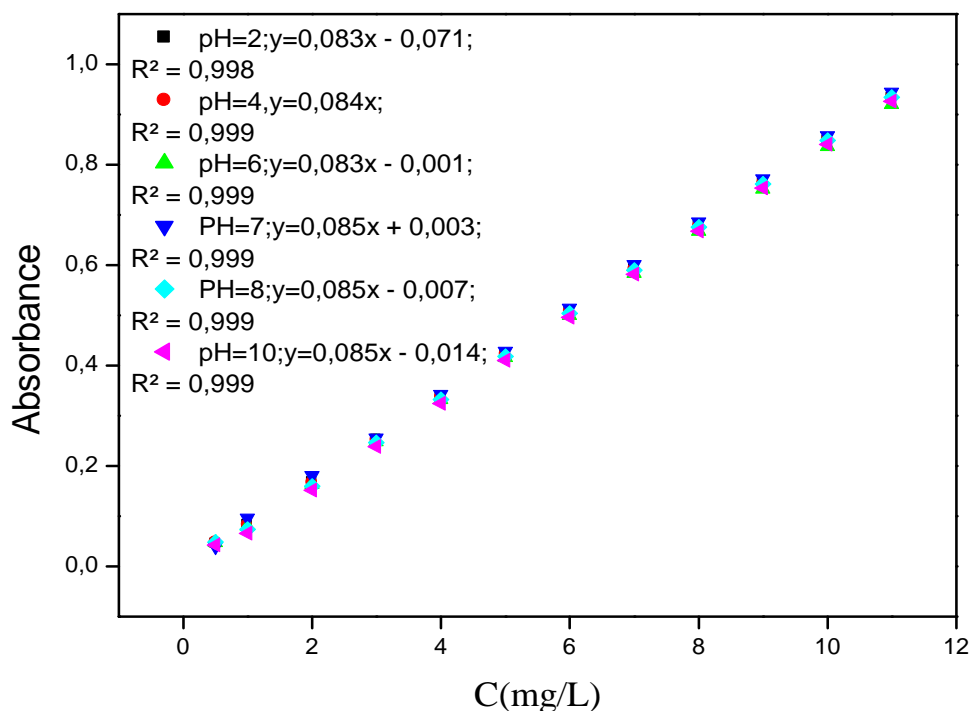


Figure 7 : Courbes d'étalonnage de RA à différents pH.

I.5.3. Essais d'adsorption

Les essais d'adsorption ont été réalisés dans des erlenmeyers couverts par de l'aluminium afin d'éviter la contamination de nos solutions par d'autres éléments et la modification du pH. Une quantité EG est introduite dans un erlenmeyer avec 500 mL de la solution de rouge azucryl (RA) à une concentration donnée C_0 (mg/L). Le mélange hétérogène est soumis à une agitation magnétique permanente à l'aide d'un barreau magnétique, sur une plaque chauffante, afin d'assurer le contact entre l'adsorbant et l'adsorbé (Figure 8). Après un temps d'agitation donné, un volume de 5 mL de solution de colorant est prélevé et centrifugé à 5000 trs/min pendant 3 minutes. La concentration résiduelle en adsorbé est suivie par spectrophotométrie UV-Visible après établissement d'une courbe d'étalonnage. Nous donnons sur la figure 8, le schéma du dispositif expérimental utilisé pour les essais d'adsorption.

Partie expérimentale

Après avoir déterminé le temps d'équilibre, le même protocole expérimental a été suivi pour l'étude des autres paramètres susceptibles d'avoir une influence sur la capacité d'adsorption :

- La granulométrie de l'adsorbant.
- La masse de l'adsorbant.
- La concentration initiale de l'adsorbant.
- Le pH de la solution de colorant.
- La vitesse d'agitation.
- La température du milieu réactionnel.

1. Couvercle
2. Erlenmeyer
3. Solution de colorant
4. Barreau magnétique
5. Agitateur magnétique chauffant
6. Bouton de réglage de la température de chauffage
7. Bouton de réglage de la vitesse d'agitation
8. Alimentation électrique
9. Thermomètre
10. Electrode de pH

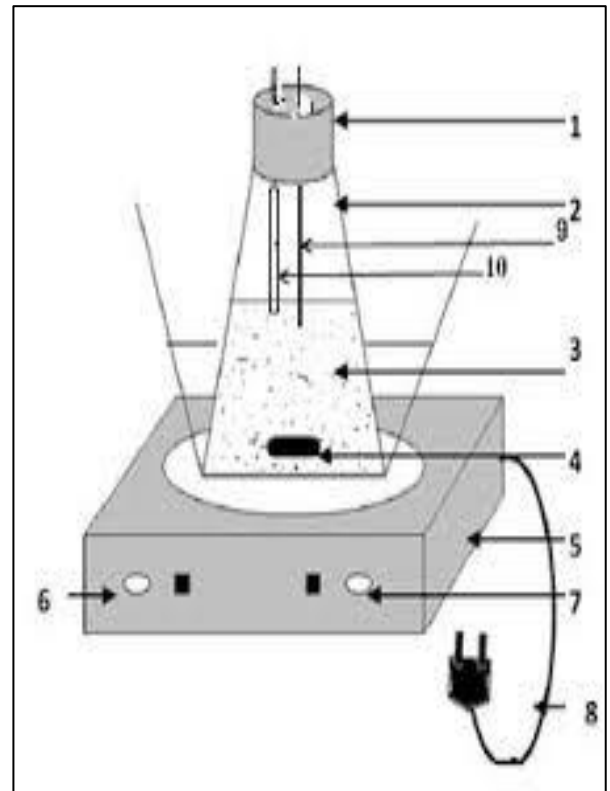


Figure 8 : Dispositif expérimental utilisé pour les essais d'adsorption.

CONCLUSION

Conclusion

Notre étude a porté sur la valorisation des déchets agricoles pour le traitement des eaux usées polluées par les colorants de textiles (Rouge Azucryl) qui représentent un véritable danger pour l'homme et son environnement, en raison de leur stabilité et de leur faible biodégradabilité.

Il est devenu, alors impératif de réduire et d'éliminer ces colorants par des différentes techniques de traitements biologiques ou physico-chimiques. Dans cette étude, nous avons opté pour le procédé d'adsorption qui est considéré comme l'une des méthodes de traitement les plus utilisées.

L'efficacité d'un adsorbant (déchet agricole) à adsorber un soluté (adsorbat) dépend de plusieurs paramètres (La granulométrie de l'adsorbant, la masse de l'adsorbant, la concentration initiale de l'adsorbat, le pH de la solution de colorant, la vitesse d'agitation et la température du milieu réactionnel) qui peuvent favoriser ou défavoriser l'adsorption.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

- [1] Y. Benjelloun et al, Etude de la performance catalytique pendant l'oxydation du bleu de méthylène en utilisant un catalyseur MnO-Argile en présence de H₂O₂, J. Mater. Environ. Sci, 7(2016) 9-17.
- [2] H. Benmansour, R. Mosrati, D. Corroler, D. Bariller, K. Ghedira and L. Chekir-Ghedira, In vitro study of DNA damage induced by acid orange 52 and its biodegradation derivatives, Environ. Toxicol. Chem, 28(2009) 489-495.
- [3] A. Pandey, S. Poonam, L. Iyengar, Int. Biodeterior. Biodegradation, 59 (2007) 73-84.
- [4] T. Robinson, G. Mc Mullan, R. Marchant, P. Nigam, Bioresour. Technol, 77 (2001) 247-255.
- [5] S. Hammami, Étude de la dégradation des colorants textiles par les procédés d'oxydation avancée. Application à la dépollution des rejets industriels, Thèse de Doctorat, Université Paris-Est et Tunis El Manar(2008).
- [6] S. Rangabhashiyam, N. Anu and N. Selvaraju, Sequestration of dye from textile industry wastewater using agricultural waste products as adsorbents, J. Envir. Chem. Engin. 1 (2013) 629-641.
- [7] M.J. Ahmed and S.K. Dhedan. Equilibrium isotherms and Kinetics modeling of methylene blue adsorption on agricultural Wastes-based activated carbons, Flui. Phas. Equil. 317 (2012) 9-14.
- [8] M. Berrios, M. Martin and A. Martin. Treatment of pollutants in wastewater: Adsorption of methylene blue onto olive-based activated carbon, J. Ind. Eng. Chem, 18 (2012) 780-784.
- [9] R. Ubago-Pérez, F. Carrasco-Marin, D. Fairén- Jiménez and C. Moreno-castilla, Granular and monolithic activated carbons from KOH-activation of olive stones, Microporous and Mesoporous Mater. 92 (2006) 64-70.
- [10] F. Suárez-García, A. Martínez-Alonso and J.M.D. Tascón. Porous texture of activated carbons prepared by phosphoric acid activation of apple pulp, Carbon 39 (2001) 1103-1116.
- [11] E. Yagmur, M. Ozmak and Z. Aktas. A novel method for production of activated carbon from waste tea by chemical activation with microwave, energy, Fuel, 87 (2008) 3278–3285.

Références bibliographiques

- [12] F.Benamraoui, Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture, Mémoire de Master, Université F.ABBAS Setif-1, Algérie(2014).
- [13] J. Reungoat, Etude d'un procédé hybride couplant adsorption sur zéolithes et oxydation par l'ozone. Application au traitement d'effluent aqueux industriels, Thèse de Doctorat ; Université de Toulouse France (2007).
- [14] S. Compe, Couplage de la chromatographie gazeuse inverse à un générateur, d'humidité étude de l'hydrophile de surface de solide, divisés et des limites de la technique, Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse (2004).
- [15] R. Abdelbaki, Etude de l'adsorption de colorants organiques (rouge nylosan et bleu de méthylène) sur des charbons actifs préparés à partir du marc de café, Thèse de Doctorat ; Université Mentouri-Constantine(2010).
- [16] V.Chatin, Caractérisation de la modélisation potentielle de l'arsenic et d'autres constituants inorganiques présents dans les sols issus d'un site minier aurifère, Thèse de Doctorat, Institut National des Sciences appliquées de Lyon (2004).
- [17] M.Creanga, Carmen, Procédé AD-OX d'élimination de polluants organiques non biodégradables, Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse (2007).
- [18] A.TALIDI, Etude de l'élimination du chrome et du bleu de méthylène en milieux aqueux par adsorption sur la pyrophyllite traitée et non traitée, Thèse de Doctorat, Université Mohammed V-Agdal Rabat (2006).
- [19] I.I.Salam and T. J. Bandoz, Roll of surface chemistry in adsorption of phenol on activated carbons, J. Colloid Interface Sci, 264 (2003) 37-312.
- [20] M. Bagane, Elimination d'un colorant des effluents de l'industrie textile par adsorption, Ann. Chim, Paris (2000).
- [21] F.Edeline, Epuration physico-chimique des eaux, théorie & technologie, 4^{ème} Édition. Cebedoc (1998).
- [22] A. Dabrowski, P. Podkoscielny, Z. Hubicki and M. Barczak, Adsorption of phenolic compounds by activated carbon – a critical review, Chemosphere,58 (2005) 1049-1070.

Références bibliographiques

- [23] M. Chemrak, Elimination du mercure en phase aqueuse et en phase gazeuse par un nouvel adsorbant activé, Thèse de Doctorat, Université Abdelhamid IBN Badis de Mostaganem (2018).
- [24] R. C. BANSAL and M. Goyal, Activated carbon adsorption, Taylor & Francis Group, LLC. United States of America (2005).
- [25] P.W. Atkins, Physical Chemistry, 5th ed, New York (1994).
- [26] S.Venkata Mohan, N.Chandrasekhar Rao and J.Karthikeyan, Adsorptive removal of direct azo dye from aqueous phase onto coal based sorbents: a kinetic and mechanistic study, J. Hazard Mater, B90 (2002) 189-204.
- [27] J. U. K. Oubagaranadin, Z. V. P. Murthy and P. S. Rao ,Applicability of Three-parameter Isotherm Models for the Adsorption of Mercury on Fuller's Earth and Activated Carbon , Indian Chemical Engineer 49 (2007) 196-204.
- [28] R.E.Treybal, Mass transfer operations, 3^{ème} edition, Mcgraw – Hill Book Company (1984).
- [29] M.I. TEMKIN, Adsorption equilibrium and kinetics of processes on nonhomogeneous surfaces and in the interaction between adsorbed molecules, Zh. Fizicheskoi, 15 (1941) 296-332.
- [30] E. Gilleadi and B.E. Conway, Modern aspects of electrochemistry, edited by J.O'M. Bockris and B.E. CONWAY, 3, Chap 5, Butterworths London(1964).
- [31] E. Gilleadi and B.E. Conway, Trans of the faraday Soc, 58 (1962) 2493.
- [32] M. BOUDART J. Am. Chem.Soc, Heterogeneity of metal surfaces 74 (1952) 3556.
- [33] H. Von Blucher and E. Ruiter, Process for producing granulated activated carbon, US5977016A, (1999).
- [34] Y.S.Ho and G. MCKAY, Kinetic models for the sorption of dye from aqueous solution by Wood, process safety and environmental protection, 76 (1998) 183-190.
- [35] J.Weber, Physicochemical processes for water quality control, Ed. By Metcalf R L. et Pitts J N, Weley-interscience, N Y, 672 (1972) 199-259.

Références bibliographiques

- [36] V. Smirnov, Géologie des minéraux utiles, Ed Technip (1988).
- [37] U.Pagga, D. Brown, The degradation of dyestuffs part II: behaviour of dyestuffs in aerobic biodegradation tests, Chemosphere, 15, 4 (1986) 479-491.
- [38] E.Zawlotzki Guivarch, Traitement des polluants organiques en milieu aqueux par procédé électrochimique d'oxydation avancée "Electro-Fenton". Application à la minéralisation des colorants synthétiques, Thèse de Doctorat. Université de Marne-La Vallée (2004).
- [39] M.V. Orna, Chemistry, Color, and Art, J.Che. Edu, 78 (2001) 1305-1311.
- [40] F. Pozzi, Development of innovative analytical procedures for the identification of organic colorants of interest in art and archaeology, Thèse de Doctorat, Université de Milan (2010-2011).
- [41] H.L. Needles, Textile fibers, dyes, finishes, and processes, Noyes Publications Mill Road, Park Ridge, New Jersey, USA, (1986).
- [42] L. Singh, V.P. Singh, Textile Dyes Degradation: A Microbial Approach for Biodegradation of Pollutants, Microbial Degradation of Synthetic Dyes in Wastewaters, Environmental Science and Engineering, Springer International Publishing Switzerland (2015) 187-204.
- [43] S.J .Allen and J. Koumanova; Chem, Techol, metall; 3 (2005) 175-192.
- [44] A.D. Laurent, V. Whathelet, M. Bouhy, D. Jacquemin and E. Perpète, Simulation de la Perception des couleurs de colorants organiques. Techniques de l'Ingénieur, AF 6810, (2010) 3-4.
- [45] M. Flandrin-Bletty, Technologie et chimie des textiles. 2^{ème} Edition Cepadues, Toulouse, 1991,185.
- [46] L. Howard. Needles, Textile fibers, dyes, finish and processes, Noyes publication New Jersey, USA (1986).
- [47] H.Benmansour, O.Boughzala, D.Dridi, D.Barillier, L.Chekir-Ghedira and R.Mosrati, Les colorants textiles sources de contamination de l'eau : Criblage de la toxicité et des méthodes de traitement, J.Water Sci, 24 (2011) 209-238.

Références bibliographiques

- [48] V.K.Gupta,J.R.Varshney,S.b.,V.K,Removal of Reactofix Navy Blue 2 GFN from aqueous solutions using adsorption technique , J.Colloid Interface. Sci, 307 (2007) 326-332.
- [49] R.D.Merouani, Traitement de colorants azoïque et anthraquinonique par procédés d'oxydation avancée (POA), Thèse de Doctorat, université des Sciences et Technologies de Lille et l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem (2011).
- [50] M.A.Brown and S.C. Devito, Predicting azo dye toxicity. Crit. Rev, Environ. Sci. Technol, 12 (1993) 405-414.
- [51] B.Y.Chen, Toxicity assessment of aromatic amines to *Pseudomonas luteola*: chemostat pulse technique and dose- response analysis, Proc. Biochem, 41 (2006) 1529–1538.
- [52] J. LACOUR, Valorisation de la fraction organique de résidus agricoles et autres déchets assimilés à l'aide de traitements biologiques anaérobies, Thèse de Doctorat , université Quisqueya (Port-au-Prince)(2012).
- [53] N, Mirghaffari, Décontamination des solutions contenant des métaux lourds par des déchets forestiers ou agricoles. Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine (1998).
- [54] O. Gulnaz, A. Kaya, F. Matyar and B.Arikan, Sorption of basic dyes from aqueous solution by activated sludge, J.Hazard.Mater, 108(2004) 183-188.
- [55] [https:// www.dictionnaire environnement.com/déchet agricole IDI191 HTML](https://www.dictionnaireenvironnement.com/déchet-agricole-IDI191-HTML).
- [56] A.khalfaoui, Etude expérimentale de l'élimination de polluants organiques et inorganiques par adsorption sur des matériaux naturels application aux peaux d'orange et de banane, Thèse de doctorat, Université Mentouri de Constantine (2012).
- [57] N.Nait Merzoug, Application des tiges de dattes dans l'adsorption de polluants organiques, Thème de Magister, Université Mohamed Cherif Messaadia Souk Ahras (2014).
- [58] A. Temburkar, R. Deshpande, Powdered activated lemon peels as adsorbent for removal of cutting oil from wastewater, J. Hazard. Toxic Radioact Waste, 16 (2012) 311-315.
- [59] J.Y. Liu, G.H Huang, J.Q. Deng, K. Liu and Y.B Xie, Adsorbent prepared from waste pomelo peel and its adsorption of Pb^{2+} in wastewater, J. Ecol Rural Environ,28 (2012) I 87-191.

Références bibliographiques

[60] A. Ali and K. Saeed, Decontamination of Cr⁶⁺ and Mn²⁺ from aqueous media by untreated and chemically treated banana peel: a comparative study, *Desalin Water Treat* (2014) 1-6.

Résumé

Les colorants, présents dans les rejets de l'industrie textile représentent un véritable danger pour l'homme et son environnement, en raison de leur faible biodégradabilité et de leur toxicité. Notre étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation d'un déchet agricole moins coûteux, biodégradable et simple d'utilisation, activés chimiquement par attaque à l'acide nitrique et utiliser comme adsorbant dans l'élimination d'un colorant textile le Rouge Azucryl (RA) pour réduire l'impact environnemental causé par ses quantités importantes dans les eaux rejetées.

Mots-clés: adsorption; Rouge Azucryl; déchet agricole; activés chimiquement.

Abstract

The dyes, present in the discharges of the textile industry represent a real danger for man and his environment, because of their low biodegradability and toxicity. Our study is part of the recovery of a less expensive agricultural waste, biodegradable and easy to use, chemically activated by nitric acid attack. We will use Azucryl Red (AR) as an adsorbent in the elimination of a textile dye to reduce the environmental impact caused by its large quantities in the water discharged.

Keywords: adsorption; azucryl red; agricultural waste ; chemically activated.