



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
UNIVERSITE KASDI MARBAH OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDES



Mémoire
Master Académique
Domaine : Sciences et Technologie
Filière : Sciences et Génie de l'Environnement
Spécialité : Génie des procédés de l'Environnement

Présenté Par : AMRANI Oumelkhir et NEFZAOUA Mochira

THEME :

Étude d'adsorption du rouge congo en phase aqueuse sur une variété de date (H'chef)

Soutenue publiquement le : 06-07-2019

Devant le jury:

DOUNIT SALAH	UKM Ouargla	Pr	Président
IZZA HIDAYA	UKM Ouargla	MCA	Examinatrice
BEN ABDESSALAM. S	UKM Ouargla	MCB	Encadreur

Année Universitaire : 2018 /2019



Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à :
A la bougie de ma vie, la fleur de mes jours, ma mère qui
veille
avec amour et tendresse à notre éducation Ouarda
Kouacem.*

*A mon père qui a sacrifié sa vie pour notre instruction
Moussa.*

*A mon très chers frères : Fares, Yousef et Abd elhak
Et ma sœurs : Soumia, Choubaila et Ayat Errahman.*

A mon fiancé : Lahcen Ben delalli.

A mes oncles et mes tantes.

Et toute ma famille : Nefzaoua et Kouacem.

A ma merveilleuse copine : Amrani Oumelkhir.

Et

*A mes très chères amies
Je dédie ce modeste travail.*

Mochira

Je dédie ce modeste travail

A mes parents pour leur patience et leur réconfort dans les moments de doutes et de découragement. Eux qui ont supporté mon stress et mes coups de colère tout au long de ce périple.

A mes belles sœurs Fatima et Amel

A mes frères Farouk, Noui, Fouzi, Lahcen, et Noureddine

je vous dis Mille fois merci

A toute ma famille, mes amis, tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, j'exprime ma gratitude...



DUMELKHIR

Remerciements

Avant tout, je remercie **Allah** pour tout le courage et la force qu'il m'a donné pour faire ce travail.

Je tiens à adresser mes sincères remerciements à mon encadreur madame **Ben abdessalam Soulef** pour son encadrement, sa disponibilité, sa compétence, son dévouement et de ses conseils judicieux qui m'ont été d'un grand soutien moral et qui m'ont amené à réaliser ce travail.

Le travail présenté dans ce manuscrit a été réalisé au laboratoire de génie de l'eau et l'environnement en milieu saharien de l'université de Kasdi Merbah-Ouargla, c'est pourquoi je tiens à remercier son directeur **Pr Messaitfa Amar**, de m'avoir accueillie au sein de ce laboratoire.

J'adresse mes sincères remerciements **Pr. DOUNIT Salah**, pour avoir d'accepter de présider le jury.

Je tiens également mes vifs remerciements **M^{me}. IZZA Hidaya** pour l'honneur qu'il m'a fait d'avoir accepté d'examiner ce mémoire.

J'exprime également ma gratitude au **Dr. Bebba Ahmed Abdelhafid** pour ses connaissances, pour ses conseils judicieux et surtout ses encouragements.

J'adresse aussi mes sincères remerciements à monsieur le **professeur Segni LADJEL** directeur de laboratoire de recherche de génie des procédés de l'Université Kasdi Merbah Ouargla pour son aide et sa contribution à la réalisation de ce travail.

Je remercie également **Asma AYACHI OMAR** responsable de laboratoire de génie de l'eau et l'environnement en milieu saharien de l'université de Kasdi Merbah-Ouargla, pour son aide et d'être sympathique au cœur du travail dans le laboratoire.

Un immense merci pour **Sihem MEFLAH** responsable de laboratoire de génie des procédés de l'Université Kasdi Merbah- Ouargla pour les moyens techniques mis à ma disposition afin de réaliser mon travail

A toutes les personnes qui nous ont aidées de près ou de loin.

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. 1: Structure chimique des colorants directs ou substantifs	6
Figure I. 2: Structure chimique des colorants mordançables	6
Figure I. 3: Structure chimique des colorants basiques	7
Figure I. 4: Structure chimique des colorants de cuve	7
Figure I. 5: Structure chimique des colorants platosolubles.....	9
Figure I. 6: Structure chimique des colorants pigmentaires	9

Chapitre II

Figure II. 1. Mécanisme du transport d'un adsorbat au sein d'un grain solide. 1- diffusion externe ; 2- diffusion interne (dans les pores) ; 3- migration en surface[16].	22
Figure II. 2: classification des isothermes d'adsorption[2]	24

Chapitre III

Figure III. 1- Coupe longitudinale au niveau du fruit de datte	35
Figure III. 2-Préparation des déchets des dattes	38
Figure III. 3-peser le colorant Rouge Congo RC.	39
Figure III. 4-Préparation de solution mère de la colorant RC	39
Figure III. 5-Dissolution d'un solution mère.....	40
Figure III. 6-spectrophotomètre UV/visible (DR6000).....	40
Figure III. 7. Exemple des 7 essais pour mesuré l'absorbance de RC par le déchet étudié, agitée à l'aide d'un bain marie	41
Figure III. 8-Test d'effet de quantité initiale de DD sur la biosorption.....	42
Figure III. 9-Test d'effet de concentration de solution de RC sur la biosorption	42

Figure III. 10-Test d'effet de la température de solution de RC sur la biosorption	43
Figure III. 11- appareil multi paramètres (HANNA. HI 9829) pour mesurer le pH des solutions.....	44

Chapitre IV

Figure IV 1: Courbe d'étalonnage du RC à 500 nm.....	46
Figure IV 2: effet de la concentration initiale de RC sur l'adsorption Conditions initiales : $C_1=7\text{mg/L}$, $C_2=9\text{mg/L}$, $C_3=11\text{mg/L}$, $C_4=13\text{mg/L}$, $C_5=15\text{mg/L}$,.....	47
Figure IV 3: Variation de rendement d'adsorption du RC en fonction de la concentration de colorant sur le H'chef.....	48
Figure IV 4: effet de la quantité de H'chef sur l'adsorption du Colorant Conditions initiales : $B_1=1\text{g}$, $B_2=2\text{g}$, $B_3=3\text{g}$, $B_4=4\text{g}$, $B_5=5\text{g}$,.....	49
Figure IV 5: Variation de rendement d'adsorption en fonction de la quantité de H'chef.	49
Figure IV 6: effet de la température sur l'adsorption du Colorant Conditions initiales : $B_1=30\text{C}^\circ$, $B_2=35\text{C}^\circ$, $B_3=40\text{C}^\circ$, $B_4=50\text{C}^\circ$, $B_5=55\text{C}^\circ$, $B_6=60\text{C}^\circ$, $B_7=70\text{C}^\circ$, concentration de $\text{RC}=20\text{mg/L}$, vitesse d'agitation:80 tr/min, q^{tit} de H'chef 3g	50
Figure IV 7: Variation de rendement d'adsorption en fonction de la température.....	50
Figure IV 8: effet de pH sur l'adsorption du Colorant Conditions initiales : $B_1=12$, $B_2=10$, $B_3=8.5$, $B_4=7.7$, $B_5=4$, $B_6=3.2$, $B_7=2.5$, concentration de $\text{RC}=20\text{mg/L}$, vitesse d'agitation:80 tr/min, $T=30\text{C}^\circ$	51
Figure IV 9: Variation de rendement d'adsorption en fonction de pH de la solution.....	51
Figure IV 10: Modélisation des résultats expérimentaux par le modèle de Langmuir.....	53
Figure IV 11: Modélisation des résultats expérimentaux par le modèle de Freundlich.....	54
Figure IV 12: Cinétique d'élimination du RC selon le modèle du pseudo premier ordre.....	55
Figure IV 13: Cinétique d'élimination du RC selon le modèle du deuxième ordre.....	56

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau I. 1: principaux groupement chromophores et auxochromes [7].....	4
Tableau I. 2: Principales caractéristiques physico-chimiques du RC[2,10,14]:.....	17

Chapitre II

Tableau II. 1- Distinction entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique[16]:.....	20
Tableau II. 2– Principales caractéristiques physiques des adsorbants[17].....	32

Chapitre III

Tableau III. 1-Appareillage:	33
Tableau III. 2-Autre outils:	34
Tableau III. 3- Composition chimique du rebuts de dattes:	37

Chapitre IV

Tableau IV 1: Les paramètres équationnels de modèle de Langmuir	52
Tableau IV 2: Valeurs des constantes de Langmuir:.....	53
Tableau IV 3: Valeurs des facteurs de séparation du modèle de Langmuir:.....	53
Tableau IV 4: Valeurs des constantes de modèle de Freundlich:.....	54
Tableau IV 5: Valeurs des constantes de modèle cinétique de 1 ^{er} ordre:.....	56
Tableau IV 6: Valeurs des constantes de modèle cinétique de 2 ^{ème} ordre:.....	57

Liste des Abréviations

R : rouge permanent

THM : Trihalométhanes

POA : Les procédés d'oxydation avancée

DCO : Demande chimique en oxygène

C. I : Color Index c'est la référence internationale en matière de colorants

RC : Rouge Congo

BET: Brunauer, Emmet et Teller

DD : déchets des dattes

λ_{\max} : La longueur d'onde

pH : Potentiel d'Hydrogène

MOD: matière organique digestible

CUD: coefficient d'utilisation digestive

MAD: matière azotée digestible

UF: unités fourragères

Sommaire

Dédicace	I
Remerciements	III
Liste des figures.....	IV
Liste des tableaux	VI
Liste des Abréviations	VII
Sommaire.....	VIII
INTRODUCTION GENERALE	1

Partie théorique

Chapitre I :Généralités sur les colorants

I.1- Historique et Origine des colorants:	3
I.2-Définition des colorants :	3
I.3-Structure chimique des colorants :	3
I.3-1- Le groupement chromophore:.....	4
I.3-2.-Le groupement auxochrome:	4
I.4- classification des colorants [9]:.....	5
I.4-1- Les colorants solubles dans l'eau:	5
I.4-2-Les colorants insolubles dans l'eau.....	7
I.4-3-Les colorants pigmentaires :	9
I.5-Utilisation et applications des colorants :	9
I.6- Toxicités des colorants [6]:.....	10
I.6.1 .Dangers évidents:	10
I.6.2.Dangers à long terme:.....	11
I.7-Procédés d'élimination (traitement) des colorants [11] :	12
I.7-1- Procédés chimiques:	12
I.7-1-1- Les procédés d'oxydation classique:	12
I.7-1-2- Les procédés d'oxydation avancée (POA):.....	13

I.7-2- Procédés physicochimiques:	14
I.7-2-1- La coagulation-précipitation:	14
I.7-2-2- Les techniques membranaires:	14
I.7-2-3- L'échange d'ions:	15
I.7-2-4- L'adsorption:	15
I.7-3- Procédés biologiques: [12].....	15
I.7-3-1-Traitement aérobie:	15
I.7-3-2-Traitement anaérobie:	16
I.8- Rouge Congo [13]:.....	16
I.8-1- UN PEU D'HISTOIRE :	16
I.8-2- NATURE DU REACTIF :	17
I.8-3- Dangers du RC :	17
I.8-4-Utilisation du Congo rouge dans le domaine médical:	18
Chapitre II : adsorption et adsorbants	
II.1-Adsorption [15]:	19
II.1-1-Définition:.....	19
II.1-2- Types d'adsorption:.....	19
II.1-2-1- Physisorption:	19
II.1-2-2- Chemisorption:	19
II.1-2-3- Persorption:.....	20
II.1-3-Applications:.....	21
II.1-4- Cinétique et mécanisme de l'adsorption :	21
II.1-4- 1-Modèle de pseudo-premier ordre [10] :	22
II.1-4- 2- Modèle de pseudo-second ordre [10] :	23
II.1-5- Isothermes d'adsorption	23
II.1-5-1-Classification des isothermes d'adsorption [2]	23
II.1-5-2- Modèles d'adsorption:[2]	25
II.1-5-3-Principaux facteurs influençant sur l'adsorption [19]:	27

II.2-Adsorbants:[15]0	29
II.2-1-Charbon actif:	29
II.2- 2-Gel de silice:	30
II.2-3- Alumine activée:.....	30
II.2-4 -Argiles activées (ou terres décolorantes):.....	30
II.2-5- Tamis moléculaires:.....	30
II.2-6-Zéolites:	31
II.2-7-Adsorbants à base de polymères:	31
II.2-8-Quelques exemples sur des adsorbants utilisés pour éliminer le rouge Congo:.....	32

Partie Pratique

Chapitre III Matériels et méthodes

III.1-Introduction:	33
III.2-Matériels et méthodes :	33
III.2-1-Matériels utilisés :	33
III.3-Réactifs utilisés:	34
III.3-1-Produits chimiques:.....	34
III.3-2-Adsorbant :	34
III.4-Généralités sur le palmier dattier[20]:.....	34
III.4-1-Description botanique:	35
III.4-2-Variétés des dattes:.....	35
III.4-3-Répartition géographique du palmier dattier en Algérie:.....	36
III.5-Les rebuts de dattes[21] :	36
III.5-1-Composition chimique :	37
III.5-2-Valeur nutritive :	37
III.6-Préparation des déchets des dattes (Biosorbant):	38
III.7-Présentation des colorants (Sorbit) :	38
III.8-Préparation des solutions:.....	39
III.9-Analyses du RC par spectrophotométrie dans le visible:	40

III.10-Essais d'adsorption du RC sur les déchets des dattes:	41
III.11-Formules de calcul:	44
Chapitre IV: Résultats et discussions	
IV-1.Introduction:.....	46
IV-2.La courbe d'étalonnage:.....	46
IV-3-1.Effet de la concentration initiale de RC:.....	47
IV-3-2.Effet de la quantité de l'adsorbant (H'chef):.....	48
IV-3-3.Effet de la température:.....	50
IV-3-4.Effet de pH:.....	51
IV-4-Modélisation des isothermes :	52
IV-4-1.Modèle de Langmuir :.....	52
IV-5. Etude cinétique:.....	55
IV.5.1. Cinétique du pseudo première ordre :.....	55
IV.5.2.Cinétique du pseudo second ordre :.....	56
CONCLUSION GENERALE.....	58
Références bibliographiques.....	59
Annexes	62

INTRODUCTION GENERALE

Les besoins en eau engendrés par l'activité humaine, sont considérables et en augmentation constante. Ces besoins conjugués à des changements climatiques néfastes, font que la rareté de « l'or bleu » est une réalité planétaire, et par suite le recyclage s'impose. Le recyclage de l'eau s'impose non seulement pour remédier à sa rareté, mais aussi pour préserver l'environnement : agriculture et industries engendrent des pollutions de l'atmosphère, des étendues superficielles d'eau, des sols et des nappes phréatiques. Les quantités de polluants déversés dans la nature sont toujours croissantes et de plus, la biodégradabilité de plusieurs de ces polluants est sinon inexistante, du moins extrêmement lente [1].

Depuis le début de l'humanité, les colorants ont été appliqués dans pratiquement toutes les sphères de notre vie quotidienne pour la peinture et la teinture du papier, de la peau et des vêtements, etc. Ces colorants peuvent contenir des groupements fonctionnels, naturels ou bien provenant de réactions chimiques ou de synthèse[2].

De nombreuses industries (textile, papeterie, plastique, agroalimentaire...) sont de gros consommateurs d'eau et utilisent des colorants organiques (solubles ou pigmentaires) pour colorer leurs produits[3]. Pour leur majorité, ces colorants sont des composés difficilement biodégradables, ils sont reconnus, toxiques ou nocifs pour l'homme et les animaux[2]. Il en résulte alors des eaux de rejets colorées qu'il est nécessaire de les traiter avant leur rejet[3].

La réduction voire l'élimination de ces colorants est donc nécessaire étant donné la toxicité avérée de certains d'entre eux. Des méthodes de traitements opérationnels à l'échelle de laboratoire et industriels existent déjà, elles incluent des procédés physico-chimiques (adsorption, filtration membranaire, méthodes de séparations solide-liquide : précipitation, coagulation, floculation et décantation) chimiques (résine échangeuse d'ions, oxydation par : oxygène, ozone,...) et biologiques (traitement aérobie et anaérobie). Dans cette étude, nous avons opté pour le procédé d'adsorption qui est considéré comme l'une des techniques de traitement les plus utilisées pour enlever de l'eau les composés organiques et ions métalliques en général[2].

Dans ce contexte, notre contribution consiste à la valorisation des déchets des dattes

(H'chef)qui sont choisies comme matériaux adsorbants à faible coût pour l'élimination des colorants présents dans les eaux et l'étude de leur pouvoir adsorbant vis-à-vis du colorant « Rouge Congo ».

Cette étude comporte deux grandes parties :

- Partie théorique: qui est composée de deux chapitres:
 - Chapitre I: Généralités sur les colorants et les méthodes de leur élimination en phase aqueuse.
 - Chapitre II: Adsorption et adsorbants.
- Partie expérimentale: qui est aussi composée de deux chapitres:
 - Chapitre III: Matériels et méthodes utilisés en pratique.
 - Chapitre IV: Résultats et discussion.

En fin le travail est fini par une conclusion générale.



Partie théorique



Chapitre I:
Généralités sur les
colorants

I.1- Historique et Origine des colorants:

Depuis le début de l'humanité, les colorants ont été appliqués dans pratiquement plusieurs activités dans notre vie quotidienne pour la peinture et la teinture du papier, de la peau et des vêtements, etc. Jusqu'à la moitié du 19^{ème} siècle, les colorants appliqués étaient d'origine naturelle. Des pigments inorganiques tels que l'oxyde de manganèse, l'hématite et l'ancre étaient utilisés. Par ailleurs, des colorants naturels organiques ont été appliqués, surtout dans l'industrie de textile. Ces colorants sont tous des composés aromatiques qui proviennent essentiellement des plantes, tel que l'alizarine et l'indigo. L'industrie des colorants synthétiques est née en 1856 quand le chimiste anglais W. H. Perkin, dans une tentative de synthèse de la quinine artificielle pour soigner la malaria a obtenu la première matière colorante synthétique qu'il appela "mauve" (aniline, colorant basique). Perkin a breveté son invention et a installé une chaîne de production, qui serait bientôt suivie par d'autres. De nouveaux colorants synthétiques commencent à paraître sur le marché. En conséquence, au début du 20^{ème} siècle, les colorants synthétiques ont presque complètement supplantés les colorants naturels [2].

I.2-Définition des colorants :

Les colorants sont des composés généralement organiques, naturels ou synthétiques qui ont la propriété de colorer durablement le support sur lequel ils sont appliqués. Les colorants sont largement utilisés dans les imprimeries, les produits alimentaires, cosmétiques et cliniques. Cependant, ces colorants sont à l'origine de la pollution une fois évacués dans l'environnement[4]. Ils sont caractérisés par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (380 à 750 nm). En général, les colorants consistent en un assemblage de groupes chromophores, auxochromes et de structures aromatiques[5]. On dénombre environ 8000 colorants synthétiques chimiques différents, sous 40000 dénominations commerciales. Les colorants synthétiques sont commercialisés sous différentes formes solides (poudres, granulés) ou liquides (solutions concentrées, dispersions ou pâtes[6].

I.3-Structure chimique des colorants :

La structure chimique joue un rôle important dans la détermination des propriétés colorantes des composés organiques. En général, ce sont des composés organiques insaturés et

aromatiques qui sont utilisés comme colorants. Une molécule type de colorant est constituée de trois parties, c'est-à-dire un chromophore, un auxochrome et un groupe solubilisant [7].

I.3-1- Le groupement chromophore:

Il permet une absorption importante de la lumière dans le domaine du visible ou de l'ultraviolet. Il représente la portion responsable de la couleur du composé. Pour les colorants organiques, les trois chromophores les plus importants sont l'azobenzène, le triphénylméthane et l'anthraquinone [8]. Les chromophores sont des groupes aromatiques (système π), conjugués (liaison π), comportant des liaisons non-liantes (électron n) ou des complexes de métaux de transition [7].

I.3-2.-Le groupement auxochrome:

Le déplacement de l'absorption vers les plus grandes longueurs d'onde, dans le domaine du visible, est dû, dans la molécule de colorant, à la présence de groupements auxochromes couplés aux groupements chromophores. L'auxochrome est donc la partie influençant l'intensité de la coloration et il fixe avec efficacité le colorant sur le support [8].

Tableau I. 1: principaux groupement chromophores et auxochromes [7].

Groupes chromophores	Groupes auxochromes
Azo (-N=N-)	Amino (-NH₂)
Nitroso (-N=O)	Méthylamino (-NHCH₃)
Carbonyle (>C=O)	Diméthylamino (-N(CH₂)₂)
Vinyle (-C=CH₂) ou méthine (>C=)	Hydroxyle (-OH)
Nitro (-NO₂)	Alkoxy (-OR)
Thiocarbonyle (Sulphure) (>C=S)	Groupes donneurs d'électrons

I.4- classification des colorants [9]:

Les colorants sont classés en fonction de leurs origines :

➤ **Origine naturelle:**

a) **végétale:** indigo, garance, roucon, safran, orseille, cachou, curcuma, naprum, pastel, noix de galle, gaude,...

b) **animale:** cochenille, kernès, pourpre,...

c) **minérale:** oxyde de fer, bleu de Prusse, graphite,

➤ **Origine synthétique:**

La classification chimique des colorants se base sur la structure de leurs molécules et en particulier sur la nature des groupes actifs qu'elles comportent . Le composé coloré doit en outre pouvoir se fixer sur la fibre et, une fois fixé, y rester en résistant au lavage . Se sont alors les propriétés tinctoriales des différents textiles qui conduisent à choisir telle ou telle classe de colorants. Ainsi, on distingue trois types de colorants :

I.4-1- Les colorants solubles dans l'eau:

Dans cette classe de colorants, on a plusieurs sous classes:

a) **Les colorants acides:** Comme leur nom l'indique, se sont des «acides », la molécule comporte une ou plusieurs fonctions acides (SO_3H^- et COOH) . Leur nature acide explique leur affinité pour les fonctions basiques des fibres, comme les polyamides. Comme élément représentatif de cette famille de colorants, on peut citer le rouge Congo.

b) **Les colorants directs ou substantifs:** Ce sont des colorants acides comme ceux du groupe précédent, contrairement à ces derniers, ils n'adhèrent pas chimiquement mais physiquement à la fibre. Ainsi, ils peuvent teindre directement le coton, le lin, la viscose, la laine et la soie. Cette possibilité de teindre simultanément les fibres végétales et animales est précieuse car elle permet de les utiliser sur les tissus mixtes . Malheureusement, ces colorants ne sont pas toujours très solidement fixés sur le coton, pour résoudre ce problème, un traitement de

solidification est nécessaire . Comme exemples, on peut citer le rouge Janus et l'orangé II dont les structures sont les suivantes:

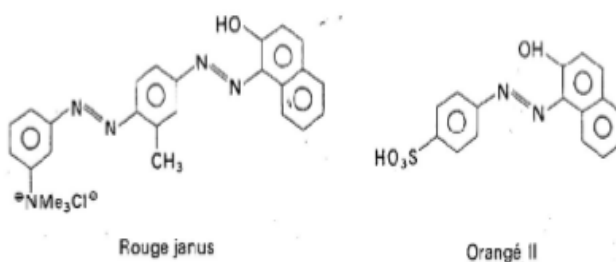


Figure I. 1: Structure chimique des colorants directs ou substantifs

c) Les colorants mordonnables: On aide souvent la fixation du colorant en le complexant avec un cation comme Al_3^+ , Cr_3^+ , qui sert de liant avec la fibre. Les hydroxydes métalliques correspondant sont appelés mordants, d'où le nom de colorants mordonnables. Pour que la complexation se fasse efficacement, on cherche à former des chélates. A titre d'exemple, on peut citer le cas de l'alizarine dont la structure est la suivante:

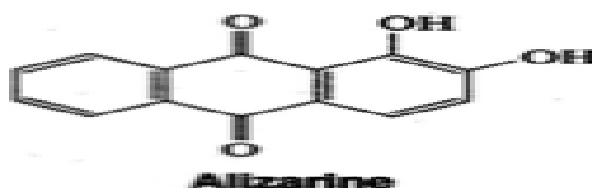


Figure I. 2: Structure chimique des colorants mordonnables

Les colorants «au chrome» constituent une famille particulière des colorants mordonnables, ce type de colorants présente la propriété particulière de se combiner avec le chrome pour former des laques insolubles. Du fait que certaines fibres : laine, soie, ont la propriété de retenir énergétiquement le chrome, on obtient par ce moyen des teintures très solides. La fixation initiale de chrome se nomme «mordonnage».

d) Les colorants basiques: Leur appellation découle de leur nature chimique : ce sont des bases. Les groupements basiques peuvent s'unir aux fonctions acides des fibres animales. Ces colorants peuvent teindre directement la laine, la soie et les fibres acryliques. Bien que ces colorants n'aient pas d'affinité naturelle pour les fibres cellulosiques, après mordonnage de ces dernières avec des «tannins», on peut obtenir une teinture assez solide. Comme exemple

de colorants basiques fournissant des teintes très brillantes, on peut citer le Bleu Capri dont la structure est la suivante :



Figure I. 3: Structure chimique des colorants basiques

I.4-2-Les colorants insolubles dans l'eau :

Dans le but d'effectuer la teinture sur les fibres d'acétates de cellulose, il a donc fallu essayer des colorants solubles dans des milieux autres que l'eau, car la molécule d'acétate est assez hydrophobe.

a) Les colorants de cuve: Ce sont les colorants les plus anciennement connus, leur emploi se base sur une technique particulière de teinture. Dans un premier temps, la matière colorante est ramenée à l'état de produit incolore (leuco-dérivé), par réduction. Cette opération se réalise en milieu alcalin dans une cuve, ce qui explique la désignation de ces colorants. Le dérivé incolore caractérisé par sa solubilité en réducteur, présente une grande affinité pour les fibres textiles. Lorsque celles-ci sont imprégnées, elles sont abandonnées à l'air, et l'euco-dérivé se réoxyde lentement. Le colorant est donc régénéré, mais entre temps il est emprisonné au sein de la fibre et il devient insoluble. Les teintures obtenues sont très solides. L'indigo est un colorant de cuve le plus connu depuis longtemps, et dont la structure est la suivante :

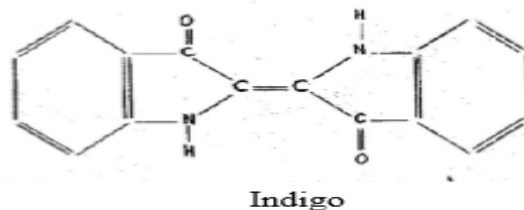


Figure I. 4: Structure chimique des colorants de cuve

Les colorants de cuve sont souvent subdivisés en :

a-1) Indigoïdes: Ce groupe doit son nom à l'indigo. Tous les indigoïdes présentent la même disposition de groupement d'atomes entre deux noyaux hétérocycliques.

a-2) Anthraquinoniques : Dérivé d'un hydrocarbure (l'anthracène constitué de trois noyaux benzéniques accolés), c'est le plus important sous-groupe de colorants de cuve.

a-3) Au soufre: Même principe de préparation: action du soufre ou du sulfure de sodium sur diverses molécules organiques, d'où leur nom d'origine.

a-4) phtalocyanines: Assimilables aux colorants de cuve, ils s'en différencient par leur application en milieu neutre.

b) Les colorants azoïques insolubles: Appelés aussi les colorants développables ou colorants naphтол-base, ils sont faits par une réaction chimique entre un constituant déjà fixé sur la fibre et un constituant dissous dans une solution. Primitivement, le processus de formation se décompose en deux parties:

- Imprégnation de la fibre par un phénol ou une amine suivie d'un bain dans un composé diazoïque aromatique «le diazo ».
- Par une réaction nommée copulation, le phénol et le diazo ou l'amine et le diazo se lient entre eux pour former un colorant insoluble, le colorant azoïque.

c) Les colorants formés par oxydation: Certains corps tels que l'aniline, peuvent être absorbés directement ou après mordantage des fibres végétales ou animales, et donner après oxydation (traitement à l'eau oxygénée par exemple) des produits quinoniques colorés. Le plus connu est le «noir d'aniline ».

d) Les colorants platosolubles: Appelés encore colorants dispersés, ils sont utilisés pour teindre les fibres hydrophobes, c'est-à-dire n'ayant aucune affinité pour l'eau (acétate et triacétate, polyamides, chlorofibres) . A titre d'exemple, on peut citer le 1-amino-2-hydroxy-anthraquinone dont la structure est la suivante :

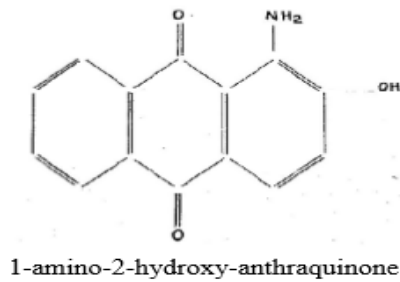


Figure I. 5: Structure chimique des colorants platosolubles

e) **Les colorants réactifs:** C'est la plus récente classe de colorants. Elle résulte de la découverte de produits intermédiaires obtenus au cours de la synthèse de certains colorants, susceptibles de former des combinaisons stables avec la cellulose et pouvant être utilisés comme matières colorantes. C'est le fait de réagir avec la matière constituée de la fibre qui les a fait nommer «colorants réactifs ».

I.4-3-Les colorants pigmentaires :

Ce sont des composés insolubles dans tous les solvants usuels. A la différence des produits précédents, ils ne sont plus absorbés sur les fibres, mais en quelques sortes appliqués sur leur surface. La liaison pigment-fibre est réalisée au moyen d'un liant approprié, par exemple: une résine synthétique. Ces pigments peuvent également être dispersés au sein de la masse filable (par exemple un collodion d'acétate). La coloration qui est en somme intégrée dans la fibre, est particulièrement solide . Le rouge permanent (R) est un exemple de tels colorants, dont la structure est la suivante:

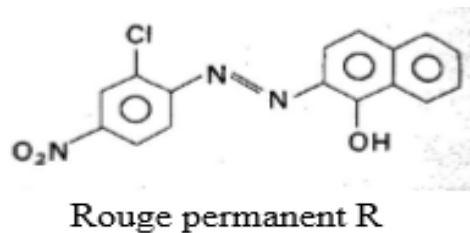


Figure I. 6: Structure chimique des colorants pigmentaires

I.5-Utilisation et applications des colorants :

Les colorants peuvent être impliqués dans différents domaines tels que [10]:

- L'industrie textile de la fourrure, du cuir (textile a usage vestimentaire, de décoration, de bâtiment, de transport, textile a usage médicale ...),
- L'industrie de matières plastiques (pigments),
- L'industrie du bâtiment : peintures (pigments),
- L'industrie pharmaceutique (colorants),
- L'industrie des cosmétiques,
- L'industrie agroalimentaire (colorants alimentaires),
- Diverses industries utilisées pour des carburants et des huiles,
- L'imprimerie (encre, papier).

I.6- Toxicités des colorants [6]:

on distingue deux types de Dangers:

I.6.1 .Dangers évidents:

❖ Eutrophisation:

Sous l'action des microorganismes, les colorants libèrent des nitrates et des phosphates dans le milieu naturel. Ces ions minéraux introduits en quantité trop importante peuvent devenir toxiques pour la vie piscicole et altérer la production d'eau potable.

Leur consommation par les plantes aquatiques accélère leur prolifération anarchique et conduit l'appauvrissement en oxygène par inhibition de la photosynthèse dans les strates les plus profondes des cours d'eau et des eaux stagnantes.

❖ Sous oxygénation:

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

❖ Couleur, turbidité, odeur :

L'accumulation des matières organiques dans les cours d'eau induit l'apparition de mauvais goûts, une prolifération bactérienne, des odeurs pestilentielles et des colorations anormales. ont évalué qu'une coloration pouvait être perçue par l'œil humain à partir de 5×10^{-6} g/L. En dehors de l'aspect inesthétique, les agents colorants ont la capacité d'interférer avec la transmission de la lumière dans l'eau, bloquant ainsi la photosynthèse des plantes aquatiques.

I.6.2.Dangers à long terme:**❖ Persistance:**

Les colorants organiques synthétiques sont des composés impossibles à épurer par dégradations biologiques naturelles. Cette persistance est en étroite relation avec leur réactivité chimique :

- ✓ Les composés insaturés sont moins persistants que les saturés ;
- ✓ Les alcanes sont moins persistants que les aromatiques ;
- ✓ La persistance des aromatiques augmente avec le nombre de substituant ;
- ✓ Les substituants halogènes augmentent la persistance des colorants plus que les

groupements alkyles.

❖ Bio-accumulation:

Si un organisme ne dispose pas de mécanismes spécifiques, soit pour empêcher la résorption d'une substance, soit pour l'éliminer une fois qu'elle est absorbée, alors cette substance s'accumule. Les espèces qui se trouvent à l'extrémité supérieure de la chaîne alimentaire, y compris l'homme, se retrouvent exposées à des teneurs en substances toxiques pouvant être jusqu'à mille fois plus élevées que les concentrations initiales dans l'eau .

❖ Cancer:

Si la plupart des colorants ne sont pas toxiques directement, une portion significative de leurs métabolites l'est . Leurs effets mutagène, tératogène ou cancérigène apparaissent après dégradation de la molécule initiale en sous-produits d'oxydation : amine cancérigène pour les azoïques, leuco-dérivé pour les triphénylméthanes.

❖ Sous-produits de chloration:

Le chlore utilisé pour éliminer les microorganismes pathogènes réagit avec la matière organique pour former des trihalométhanés (THM) pouvant atteindre plusieurs centaines de mg/L. Les sous-produits de chloration sont responsables du développement de cancer du foie, des poumons, des reins et de la peau chez l'homme.

I.7-Procédés d'élimination (traitement) des colorants [11] :

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

I.7-1- Procédés chimiques:**I.7-1-1- Les procédés d'oxydation classique:**

Les techniques d'oxydation classique utilisent des oxydants puissants et variés tels que l'hypochlorite de sodium (NaOCl), l'ozone (O₃), ou encore le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), en présence ou non de catalyseur. Ces méthodes de traitement sont couramment utilisées pour l'épuration d'effluents contenant des polluants organiques, y compris des colorants, en raison de leur mise en œuvre relativement facile. Dans le cas des colorants toxiques réfractaires à la biodégradation, l'action de ces composés permet l'obtention de sous-produits dégradables par les microorganismes. Enfin, l'oxydation par l'ozone ou le peroxyde d'hydrogène sont des procédés utilisés en complément ou en concurrence avec l'adsorption sur charbons actifs ou la Nanofiltration .

✚ L'hypochlorite de sodium:

L'hypochlorite de sodium (NaOCl) s'attaque en particulier à la fonction amine des colorants, il enclenche et accélère la destruction du motif azoïque. Cependant, l'hypochlorite de sodium est de moins en moins utilisé dans les processus de traitement des eaux usées, en raison des effets négatifs qu'il induit, notamment par la formation d'amines aromatiques et d'organo-chlorés qui sont des composés cancérigènes. Ces inconvénients ont motivé son remplacement par l'ozone ou d'autres oxydants.

✚ L'ozone:

L'ozone est un oxydant très puissant, particulièrement en raison de sa grande instabilité, l'ozonation est surtout adaptée à la dégradation des molécules de colorants ayant une double liaison, dont la destruction conduit à la formation de molécules plus petites. Les sous-produits d'oxydation à l'ozone présentent l'avantage d'être biodégradables.

✚ Le peroxyde d'hydrogène:

Le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) est utilisé dans la plupart des procédés de décoloration par oxydation. Cependant, en raison de la stabilité de ce composé à l'état pur, il est nécessaire de l'activer. Le rendement des méthodes d'oxydation à base de peroxyde d'hydrogène diffère en fonction de l'agent d'activation, les plus utilisés étant l'ozone, les rayons UV et les sels ferreux.

I.7-1-2- Les procédés d'oxydation avancée (POA):

Les POA regroupent des méthodes chimiques, photochimiques ou électrochimiques. Le développement de ces méthodes est en plein essor depuis environ trois décennies. Ces méthodes de traitement consistent à dégrader les molécules de colorants en CO_2 et H_2O au moyen du rayonnement UV en présence d'hydrogène peroxyde.

✚ Procédé d'oxydation avancée chimique : réaction de Fenton

La possibilité d'utilisation du réactif de Fenton dans le domaine de l'environnement, en particulier dans le traitement des eaux usées, a été abordée durant les deux dernières décennies. Le réactif de Fenton n'est autre que le peroxyde d'hydrogène activé au moyen d'un sel ferreux et constitue un agent oxydant adapté au traitement d'effluents contenant des colorants résistants à la biodégradation ou toxiques vis-à-vis des microorganismes.

✚ Procédés d'oxydation avancée électrochimique:

Le traitement des effluents colorés par électrochimie semble être plus intéressant, dans la mesure où le procédé dans ce cas fait preuve d'une bonne efficacité technique et économique. En effet, les effluents recueillis en sortie ne présentent généralement aucun danger pour les organismes vivants et la mise en œuvre de ce procédé nécessite très peu ou pas du tout de

réactifs chimiques.

Procédés d'oxydation avancée photochimique:

La photo dégradation des colorants peut avoir lieu en présence ou non de catalyseurs et/ou d'agents oxydants, tels que le peroxyde d'hydrogène, ou l'ozone. La réaction peut conduire à la minéralisation complète de la molécule polluante. Ce phénomène est dû en particulier à l'action des radicaux hydroxyles.

I.7-2- Procédés physicochimiques:

I.7-2-1- La coagulation-précipitation:

Cette technique permet l'élimination des colorants par coagulation-floculation-décantation, grâce à l'ajout de cations trivalents, tels Fe^{2+} ou Al^{3+} . Cette méthode consiste en une annulation du potentiel zêta (coagulation) par l'ajout d'un réactif chimique, ce qui entraîne la déstabilisation des particules colloïdales, suivie de leur agglomération (floculation) en micro flocs, puis en flocons volumineux et décantables. La neutralisation de la charge superficielle (potentiel zêta) est réalisée au moyen de coagulants minéraux à base de cations trivalents, tels

que sulfate et chlorure d'alumine, chlorure et sulfate ferrique, ou organiques de synthèse à caractère cationique, tel que l'épichlorhydrine diméthylamine.

I.7-2-2- Les techniques membranaires:

Les procédés membranaires sont des techniques de séparation par perméation à travers une membrane, sous l'action d'un gradient de pression. La séparation se fait en fonction des tailles moléculaires des composés, mais aussi de leur forme, leur structure, leur polarisabilité, leur solubilité, de la présence de Co-solutés, du matériau et de la configuration de la membrane, des paramètres opératoires, des phénomènes de colmatage, etc..... Les techniques membranaires regroupent la microfiltration, l'ultrafiltration, la nanofiltration et l'osmose inverse. Parmi eux, l'ultrafiltration et nanofiltration sont des techniques efficaces pour l'élimination de toutes classes des colorants.

I.7-2-3- L'échange d'ions:

L'échange d'ions est un procédé par lequel, dans certaines conditions, un matériau solide (résines échangeuses d'ions) attire un ion positif ou négatif d'une solution et rejette un autre ion de même signe. Le procédé de traitement des eaux par échange d'ions s'applique aux effluents contenant des colorants.

I.7-2-4- L'adsorption:

L'adsorption est un procédé de transfert de matière entre une phase liquide (ou gazeuse) chargée en composés organiques ou inorganiques et une phase solide, l'adsorbant. Pendant des décennies, les charbons actifs commerciaux ont été les principaux, voire les seuls adsorbants utilisés dans les filières de traitement d'eaux. En effet, l'adsorption sur charbons

actifs présente de nombreux avantages : elle permet l'élimination d'une large gamme de polluants, dont différents types de colorants, mais aussi d'autres polluants organiques et inorganiques, tels que les phénols, les ions métalliques, les pesticides, les substances humiques, les détergents, ainsi que les composés responsables du goût et de l'odeur. A l'inverse de la précipitation, l'adsorption est plutôt efficace dans le domaine des faibles concentrations.

I.7-3- Procédés biologiques: [12]

La présence dans les eaux ou dans le sol, de polluants organiques a toujours existée. Leur élimination par des microorganismes constitue le moyen biologique que la nature a utilisé pour l'épuration des milieux naturels. Ces procédés biologiques se produisent selon deux modes: traitements en aérobie; ils sont effectués en présence de l'oxygène et traitement en anaérobie; dans ce cas les microorganismes dégradent la matière organique en absence de l'oxygène.

I.7-3-1-Traitement aérobie:

Des réacteurs dits à lits bactériens sont utilisés pour cet effet. Il est constitué d'une unité de boue activée où les polluants sont décomposés par des bactéries aérobies et autres microorganismes. Après épuration, la boue est séparée des eaux usées par sédimentation dans un décanteur, une partie est recyclée et le surplus est évacué après pressage ou centrifugation.

Ce procédé est resté longtemps un moyen pour dégrader un grand nombre de polluants organiques. Il s'est avéré efficace pour une certaine catégorie de rejets textiles. Notons cependant que des colorants tels que les azoïques, les colorants acides et les colorants réactifs se sont révélés persistants à ce mode de traitement. La décoloration observée dans ces cas est attribuée à l'adsorption de ces polluants sur la boue activée et non à leur dégradation.

I.7-3-2-Traitement anaérobie:

En absence de l'oxygène, la digestion anaérobie des composés organiques conduit à la formation du dioxyde de carbone, du méthane et de l'eau. Ce procédé présente une efficacité importante dans le traitement des effluents très chargés caractérisés par une DCO relativement élevée. Ce procédé utilisé dans les stations d'épuration des eaux permet de produire des quantités importantes en méthane. Ce dernier est utilisé comme source d'énergie notamment pour le chauffage ou pour l'éclairage. Des études ont montré que la réduction voire la disparition de la couleur n'est pas accompagnée de la minéralisation des colorants. La formation de composés intermédiaires plus toxiques, notamment des amines a été signalée dans la littérature. Ils ont estimé la réduction de coloration par les procédés biologiques à seulement 10-20 %. Cette constatation laisse à présager d'autres techniques qui permettraient d'abaisser le degré de réfractabilité de la charge polluante en association avec les méthodes biologiques.

I.8- Rouge Congo [13]:

I.8-1- UN PEU D'HISTOIRE :

Le rouge Congo a été découvert en 1884 par un chimiste allemand, BÖTTIGER, et il n'a guère rencontré de succès dans l'industrie car il bleuissait dans les solutions acides de l'époque, utilisées pour la coloration des textiles. La firme AGFA s'y intéressa après avoir découvert que dans une solution neutre, il colorait directement le coton, sans traitement intermédiaire ni préparatoire.

En histologie, il a été utilisé très vite avec beaucoup de succès pour la coloration des cellules éosinophiles, des dépôts pathologiques de protéines, des cellules des muqueuses gastriques, de la kératine, des os embryonnaires, du ciment des jeunes dents, des parois cellulaires d'algues filamenteuses, des polysaccharides... Contrairement à une certaine opinion, le rouge

Congo n'est pas un colorant spécifique de la cellulose ou de la chitine. En mycologie, c'est un colorant universel convenant spécialement pour les parois.

I.8-2- NATURE DU REACTIF :

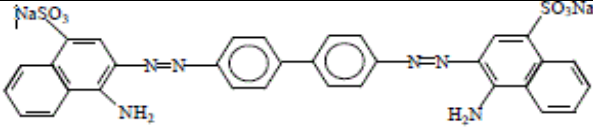
Le rouge Congo est un colorant qui fait partie de la catégorie des polyazoïques parce qu'il possède deux chromophores (région de la molécule qui est principalement responsable de la teinte) de type azoïque, c'est-à-dire formés chacun de deux atomes d'azote doublement liés, et diversement substitués. Le numéro du Color Index (C. I., c'est la référence internationale en matière de colorants) du rouge Congo est le 22 120. C'est un colorant acide, c'est-à-dire qu'il a tendance à se fixer préférentiellement sur les structures basiques. Il colore particulièrement bien les parois des cellules de champignons ; c'est pour cela qu'il est un des colorants les plus utilisés en mycologie générale.

I.8-3- Dangers du RC :

- Toxique par contact avec la peau.
- Provoque des brûlures .
- Toxique par ingestion et mortel à dose élevée de produit pur évidemment : le RC est létal à 1,43 g/kg de poids humain.
- En solution à faible dose, comme c'est le cas dans les préparations, c'est simplement un irritant de la peau et des yeux : laver abondamment à l'eau claire.

Tableau I. 2: Principales caractéristiques physico-chimiques du RC[2,10,14]:

Nom	Rouge Congo (RC)
Famille	Colorants directs
Formule brute	C ₃₂ H ₂₂ N ₆ Na ₂ O ₆ S ₂
Appellation chimique	Sel de sodium d'acidebis-1-naphthylamine-4-sulfonique diazoïque benzidine
Masse molaire (g/mol)	696.66 g/mol
Dimensions (A°)	17.5×5.0×2.8
λ_{max}	500 nm

<p>Structure</p>	
<p>Solubilité dans l'eau</p>	<p>Elevée(25g/l (H₂O , 20 C°)</p>
<p>Utilité</p>	<p>Textile</p>
<p>Tension de vapeur</p>	<p>Faible</p>
<p>Point de fusion(C°)</p>	<p>360</p>

I.8-4-Utilisation du Congo rouge dans le domaine médical:

Pour les maladies des reins et Amyloidosis: 1 ml de solution aqueuse 1% de rouge Congo par 4,5 kg de poids corporel. On prend 10 ml de sang au bout de quatre minutes et de nouveau au bout d'une heure, l'urine s'accumule à la fin de la première heure. La sérotonine est comparée à la sécrétion du pourcentage caché de sang. Dans les cas normaux, moins de 40% disparaissent au cours de la première heure. Dans l'amylose, 60 à 100% disparaissent généralement en quatre minutes et dans les emballages lipidiques, 40 à 60% disparaissent du sang en une heure[1*].



Chapitre II :

Adsorption et adsorbants

II.1-Adsorption [15]:**II.1-1-Définition:**

L'adsorption est l'accumulation (concentration), à la surface d'un solide (ou d'un liquide) d'ions, molécules et particules colloïdales et qui modifient les propriétés physiques et chimiques de l'adsorbant. L'espèce adsorbée est l'adsorbat et la surface adsorbant est l'adsorbant.

II.1-2- Types d'adsorption:

D'un point de vue thermodynamique, l'adsorption s'effectue à pression et température constante; il lui correspond en général une diminution d'enthalpie :elle s'accompagne d'un certain dégagement de chaleur (l'énergie d'adsorption). La valeur variable de cette énergie a amené à distinguer deux formes tout à fait différentes d'adsorption.

II.1-2-1- Physisorption:

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

Ce type d'adsorption se caractérise par:

- La rapidité dans l'établissement de l'équilibre (dépendant de la température, concentration et pression) entre la phase adsorbée et la phase fluide. On la désigne parfois sous le nom de sorption.
- La réduction de la capacité d'adsorption avec l'élévation de la température.
- Une chaleur d'adsorption sensiblement du même ordre que la chaleur de liquéfaction du gaz adsorbé.
- Une réversibilité relativement facile et une absence de spécificité.

II.1-2-2- Chemisorption:

C'est une adsorption du type chimique, qui résulte des forces de liaison de nature chimique (nettement supérieures aux forces de Van der Waals) avec mise en commun ou transfert

d'électrons; il y a donc des ruptures et des créations de liaisons chimiques en surface entre le réactif et les sites actifs de l'adsorbant.

La Chemisorption se caractérise par:

- Un équilibre long à atteindre entre la phase adsorbée et le milieu fluide.
- Une augmentation de la quantité de matière adsorbée avec la température.
- Une chaleur dégagée durant l'adsorption comparable aux chaleurs de réaction (de 40 à 100 KJ/mol), environ 10 fois supérieure à l'adsorption physique.
- La non-réversibilité.
- Une spécificité marquée, dans le sens que sur un adsorbant déterminé se fixent certains adsorbats (propriété utilisée par la catalyse hétérogène).

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

II.1-2-3- Persorption:

Elle constitue un cas particulier de l'adsorption chimique. Certaines molécules d'une substance sont retenues dans les canaux du réseau cristallographique de l'adsorbant jouant ainsi le rôle d'un tamis moléculaire.

Par exemple, les aluminosilicates qui retiennent par Persorption l'eau, le méthanol, etc. Le tableau suivant rassemble quelques propriétés de l'adsorption physique et celles de l'adsorption chimique.

Tableau II. 1- Distinction entre l'adsorption physique et l'adsorption chimique[16]:

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
Température du processus	Relativement basse	Plus élevé
Chaleur d'adsorption	5 Kcal/mol environ	10 Kcal/mol environ
Liaison	Physique Van der Waals	Chimique
Cinétique	Rapide, réversible	Lente, irréversible
Spécificité	Processus non spécifique	Processus très spécifique
Désorption	Facile	Difficile
Couches formées	Mono ou multicouches	Uniquement monocouche

II.1-3-Applications:

Les nombreuses applications techniques de l'adsorption résultent de trois caractéristiques qui la différencient des autres procédés de séparation, à savoir:

- La rétention des très petites particules, comme par exemple les colloïdes.
- La rétention des composants à très faible concentration, par exemples des impuretés ou des molécules et ions métalliques qui confèrent au produit couleurs, odeurs ou saveurs désagréables, voir une toxicité.
- La sélectivité de l'adsorbant par rapport à certains constituants du mélange.

Parmi les applications, on cite:

- Le séchage, purification et désodorisation des gaz.
- Le raffinage des produits pétroliers.
- La catalyse de contact.
- La déshumidification et la désodorisation de l'air.
- La récupération des solvants volatils et de l'alcool dans le processus de fermentation.
- La décoloration des liquides.
- La chromatographie gazeuse (méthode de fractionnement basée sur les différences de vitesse d'adsorption de substances différentes, sur un adsorbant donné) [15].

II.1-4- Cinétique et mécanisme de l'adsorption :

La connaissance de la cinétique de l'adsorption présente un intérêt pratique considérable dans la mise en œuvre optimale d'un adsorbant au cours d'une opération industrielle, et dans la connaissance des facteurs à optimiser pour fabriquer ou améliorer un adsorbant conduisant à la cinétique la plus rapide possible.

Le transfert de masse de l'adsorbat, de l'atmosphère gazeuse vers la surface ou dans la masse de l'adsorbant, passe par les étapes suivantes :

- ❖ transfert par convection ou par diffusion (selon que la phase du milieu ambiant est en mouvement ou au repos) dans le milieu du fluide ambiant (transfert de masse externe);
- ❖ transfert par diffusion, dans la couche limite, entre la phase ambiante et la surface extérieure de l'adsorbant;
- ❖ transfert par diffusion dans les pores de l'adsorbant (transfert de masse interne); [15].

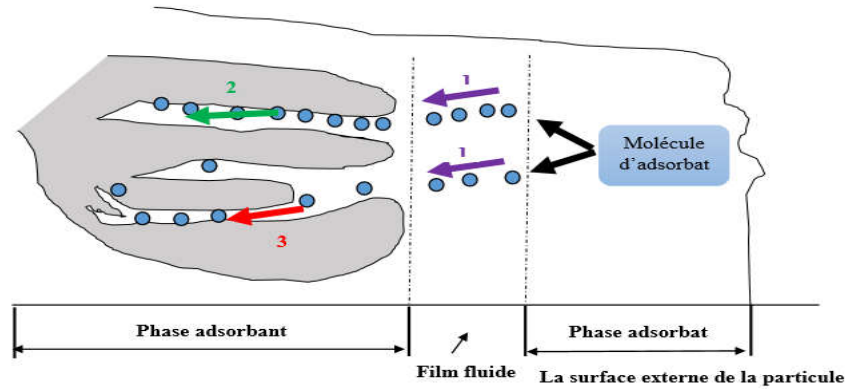


Figure II. 1. Mécanisme du transport d'un adsorbant au sein d'un grain solide. 1- diffusion externe ; 2- diffusion interne (dans les pores) ; 3- migration en surface[16].

II.1-4- 1-Modèle de pseudo-premier ordre [10] :

L'analyse la plus simple de la cinétique d'adsorption est donnée par le modèle de pseudo premier ordre exprimé par la formule suivante :

$$\frac{d q_t}{dt} = K_1 (q_e - q_t) \dots \dots \dots (1)$$

Avec :

q_e et q_t les quantités adsorbées à l'équilibre et à l'instant t respectivement et K_1 la constante de vitesse (min^{-1}).

La forme linéaire de cette équation obtenu par intégration entre l'instant $t=0$ et l'instant t , est $q_{t=0}$ et q_t pour la quantité adsorbée conduit à :

$$\ln (q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 t \dots \dots \dots (2)$$

La valeur de q_t en (mg/g) est obtenue à l'instant t par :

$$q_t = (C_0 - C_t) V / m \dots \dots \dots (3)$$

- V : volume de la solution (l) ;
- m : masse de l'absorbant (g) ;
- C_0 : concentration de la solution (mg/l) ;
- C_t : concentration résiduelle à l'instant t de la solution (mg/l).

II.1-4- 2- Modèle de pseudo-second ordre [10] :

Ce modèle traduit l'existence d'un équilibre entre espèce en solution et espèce adsorbée, le modèle de second ordre suit l'équation:

$$\frac{d q_t}{dt} = K_2 (q_e - q_t)^2 \dots\dots\dots(4)$$

Qui a pour solution:

$$\frac{1}{(q_e - q_t)} = \frac{1}{q_e} + K_2 t \dots\dots\dots(5)$$

Et s'écrit sous la forme linéaire suivante :

$$\frac{t}{q} = \frac{1}{(K_2 q_e^2)} + (1/q)t \dots\dots\dots(6)$$

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

Notons que k_2 et q_e sont déterminés en traçant $1/(q_e - q_t)$ en fonction de t .

II.1-5- Isothermes d'adsorption

Les capacités des adsorbants à adsorber les différents constituants d'un mélange constituent le facteur le plus déterminant pour les performances de la majorité des procédés d'adsorption. Il est par conséquent essentiel de bien connaître les propriétés d'équilibre adsorbat-adsorbant pour pouvoir concevoir et dimensionner correctement

les procédés d'adsorption [17].

II.1-5-1-Classification des isothermes d'adsorption [2]

Expérimentalement, on distingue quatre classes principales nommées : **S** (Sigmoide), **L** (Langmuir), **H** (Haute affinité) et **C** (partition Constante).

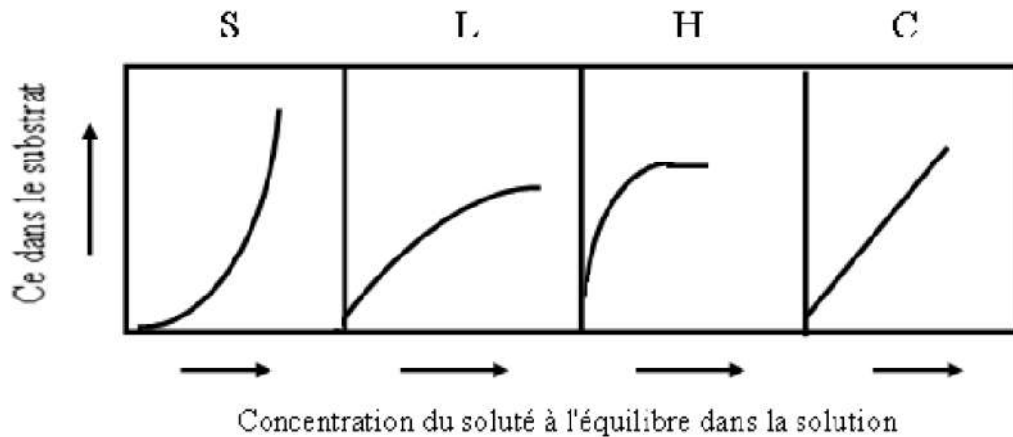


Figure II. 2: classification des isothermes d'adsorption[2]

➤ **Classe L**

Les isothermes de classe L présentent, à faible concentration en solution, une concavité tournée vers le bas qui traduit une diminution des sites libres au fur et à mesure de la progression de l'adsorption. Ce phénomène se produit lorsque les forces d'attraction entre les molécules adsorbées sont faibles. Elle est souvent observée quand les molécules sont adsorbées horizontalement, ce qui minimise leur attraction latérale. Elle peut également apparaître quand les molécules sont adsorbées verticalement et lorsque la compétition d'adsorption entre le solvant et le soluté est faible. Dans ce cas, l'adsorption des molécules isolées est assez forte pour rendre négligeable les interactions latérales.

➤ **Classe S**

Les isothermes de cette classe présentent, à faible concentration, une concavité tournée vers le haut. Les molécules adsorbées favorisent l'adsorption ultérieure d'autres molécules (adsorption coopérative). Ceci est dû aux molécules qui s'attirent par des forces de Van Der Waals, et se regroupent en îlots dans lesquels elles se tassent les unes contre les autres. Ce comportement est favorisé, d'une part, quand les molécules de soluté sont adsorbées verticalement comme c'est le cas des molécules possédant un seul groupe fonctionnel et d'autre part, quand les molécules se trouvent en compétition d'adsorption forte avec le solvant.

➤ **Classe H**

La partie initiale de l'isotherme est presque verticale, la quantité adsorbée apparaît importante à concentration quasiment nulle du soluté dans la solution. Ce phénomène se produit lorsque les interactions entre les molécules adsorbées et la surface du solide sont très fortes. L'isotherme de classe H est aussi observée lors de l'adsorption de micelles ou de polymères formées à partir des molécules de soluté.

➤ **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. Ceci signifie que les sites sont créés au cours de l'adsorption. Ce qui implique que les isothermes de cette classe sont obtenues quand les molécules de soluté sont capables de modifier la texture du substrat en ouvrant des pores qui n'avaient pas été ouverts préalablement par le solvant.

II.1-5-2- Modèles d'adsorption:[2]

D'assez nombreux auteurs ont proposé des modèles théoriques ou empiriques, pour décrire la relation entre la masse d'adsorbât fixée à l'équilibre et la concentration sous laquelle elle a lieu. Il s'agit de relations non cinétiques que l'on nomme isothermes. Ces modèles peuvent illustrer des adsorptions en mode statique ou dynamique. Dans ce qui suit nous exposerons quelques modèles utilisés en mode statique. En pratique, on observe qu'une masse d'adsorbant ne peut fixer une quantité illimitée de substance : elle se sature. Ce phénomène de saturation n'est pas expliqué par tous les modèles ; nous exposerons dans ce qui suit que les modèles les plus utilisés.

II.1-5- 2-1-Modèle de Langmuir:

Le modèle de Langmuir suppose que l'adsorption a lieu sur les sites de même énergie et qu'il n'y a pas d'interaction entre les molécules adsorbées. Son équation ci-dessous est applicable à l'adsorption monomoléculaire :

$$q_e = \frac{x}{M} = \frac{q_0 \cdot b \cdot C_e}{1 + b \cdot C_e} \dots\dots\dots(7)$$

b: constante d'équilibre thermodynamique en relation avec l'énergie d'adsorption.
C_e : concentration à l'équilibre dans la phase gazeuse ou liquide.

II.1-5-2-2-Modèle de Freundlich:

Ce modèle établit une relation entre la quantité d'impureté adsorbée et la quantité restante en phase liquide, cette équation est basée sur une distribution exponentielle des énergies des sites d'adsorption, elle s'exprime par la relation suivante :

$$\frac{X}{M} = K.C^{1/n} \dots\dots\dots(8)$$

X : quantité d'impureté adsorbée (mg ou mmole)

M : masse de l'adsorbant (g)

X/M : quantité d'impureté adsorbée par unité de masse d'adsorbant (mg/g)

Ce : concentration résiduelle de l'adsorbât à l'équilibre (mg/l ou mmole/l)

K, n : constantes de Freundlich caractéristiques du polluant

La linéarisation de cette équation donne :

$$\text{Log } \frac{X}{M} = \log (K C_e^{1/n}) = \log K + \frac{1}{n} \log C_e \dots\dots\dots(9)$$

C'est une droite de pente 1/n et d'ordonnée à l'origine log K. Des valeurs élevées de K et 1/n traduisent une forte adsorption dans l'intervalle des concentrations étudiées. Inversement, les faibles valeurs indiquent une faible adsorption pour les faibles concentrations en soluté. Cette équation se différencie de la précédente par le fait qu'elle ne prévoit pas de limite supérieure à l'adsorption et qu'elle admet la possibilité d'interaction entre particules adsorbées. Les paramètres K et 1/n spécifiques de couples polluant-matériau ont une importance dans la comparaison des performances des matériaux. L'équation de Freundlich implique une distribution d'énergie justifiable par l'hétérogénéité de la surface. Selon cette équation, la quantité adsorbée s'accroît à l'infini avec l'augmentation de la concentration ou de la pression. En général, même si elle est peu satisfaisante pour des concentrations élevées, elle représente bien l'adsorption des composés dilués dans le solvant, ce qui est le cas des pesticides dans l'eau. Contrairement à la modélisation de Langmuir, l'adsorption selon Freundlich est en multicouches.

II.1-5- 2-3-Théorie de BET

Pour généraliser la théorie de Langmuir; Brunauer, Emmet et Teller ont développé un modèle appelé ultérieurement modèle de BET. Il tient compte de la formation de plusieurs couches de molécules adsorbées : les interactions gaz-gaz et gaz-solide sont prises en considération et

chaque molécule adsorbée dans une couche est un site d'adsorption pour une molécule de la couche suivante [18].

II.1-5-3-Principaux facteurs influençant sur l'adsorption [19]:

Quand un solide est mis en contact avec une solution, chaque constituant de cette dernière, le solvant et le soluté, manifeste une tendance à l'adsorption à la surface du solide. Il y'a donc une compétition en surface entre deux adsorptions qui sont concurrentielles.

Le cas le plus intéressant est celui où l'adsorption du soluté est de loin plus importante que celle du solvant. Donc la quantité adsorbée, dépend de nombreux facteurs.

II.1-5-3-1-Facteurs caractérisant l'adsorbant:

✓ La surface spécifique

La surface spécifique d'un solide est définie comme étant sa surface par unité de masse. Elle est exprimée en (m^2/g) En général, la capacité d'adsorption d'un adsorbant est proportionnelle à sa surface spécifique, plus la surface est importante, plus grande sera la quantité de molécules adsorbées.

✓ La structure de l'adsorbant

L'adsorption d'une substance croît avec la diminution de la taille des particules et les dimensions des pores de l'adsorbant. Mais si le diamètre des pores est inférieur au diamètre des molécules, l'adsorption de ce composé sera négative, même si la surface de l'adsorbant a une grande affinité pour le composé d'adsorption.

✓ La porosité

La porosité est liée à la répartition de la taille des pores. Elle reflète la structure interne des adsorbants microporeux.

✓ La polarité

Les solides polaires adsorbent préférentiellement les corps polaires, et les solides apolaires adsorbent les corps apolaires. L'affinité pour les substrats croît avec la masse moléculaire de l'adsorbat.

II.1-5- 3-2-Facteurs caractérisant l'adsorbat:

L'effet de la nature de l'adsorbat sur le processus d'adsorption est décrit par les règles suivantes :

- ✓ Règle de *Lune Delius* : « moins une substance est soluble dans un solvant, mieux elle est adsorbée »
- ✓ Un adsorbat polaire aura plus d'affinité pour le solvant ou pour l'adsorbant selon lequel est plus polaire
- ✓ De façon générale, un adsorbat non dissocié (ou neutre) est mieux adsorbé qu'un adsorbat ionisé.

II.1-5-3-3-Facteurs liés à la physico-chimie de la solution:**✓ pH**

Le pH du milieu est l'un des paramètres importants contrôlant le processus d'adsorption en raison de son influence à la fois sur la structure de l'adsorbant et de l'adsorbat, ainsi que sur le mécanisme d'adsorption. Il joue un rôle important dans la mobilité des ions métalliques, c'est pourquoi, une variation du pH du milieu conduit à des changements importants dans le processus d'adsorption.

✓ La température

L'expérience montre que dans la majorité des cas, l'adsorption endothermique ne peut avoir lieu. Ceci veut dire que les mécanismes sont dans leurs grande majorités des processus exothermiques, d'où les résultats sont meilleurs à froid.

II.1-5-3-4-Autres facteurs:**✓ La durée du contact**

La durée du contact détermine le taux d'élément adsorbé, La longue durée de contact favorise la sorption et renforce la liaison entre l'adsorbat et la surface de l'adsorbant. Les rendements d'adsorption maximaux sont toutefois généralement atteints après un temps de contact assez court.

✓ Concentration des substances à adsorber

L'équilibre d'adsorption qui s'établit entre la concentration dans la phase solide et la phase liquide dépend en premier lieu de la concentration initiale des substances adsorbables.

II.2-Adsorbants:[15]

Tous les solides agissant comme adsorbants sont caractérisés par la structure microporeuse qui leur confère une très grande surface active par unité de masse. Les adsorbants utilisés dans la pratique sont, soit de nature organique (végétale ou animale), soit de nature minérale. Ils sont employés tels quels ou après un traitement d'activation ayant pour but d'augmenter la porosité.

Les adsorbants les plus utilisés dans les applications industrielles sont les suivants :

II.2-1-Charbon actif:

Disponible en poudre ou en grains, le charbon actif est obtenu par traitement spécial (pyrolyse) de charbons naturels (anthracite, tourbe) ou artificiels (bois de noix de coco carbonisé). Après traitement, le charbon actif dispose d'une surface spécifique de l'ordre de 500 à 1 000 m²/g avec

des pores de 10 à 60 Å, une faible densité apparente (0,5 kg par litre) et surtout deux propriétés principales : un pouvoir adsorbant et un pouvoir catalyseur.

Le charbon actif est utilisé pour :

- ✓ la décoloration des jus sucrés et des graisses végétales,
- ✓ la production d'eau potable, pour ses propriétés de catalyseur dans le traitement de l'eau (désodorisation par déchloration et détoxication de l'eau ozonée),
- ✓ la récupération des solvants,
- ✓ le conditionnement de l'air.

II.2- 2-Gel de silice:

Le gel de silice se présente sous la forme de grains durs et poreux avec une surface spécifique de 600 à 800m², dont la taille des pores varie de 20 à 50 Å. Il s'obtient par action de l'acide chlorhydrique sur une solution de silicate de sodium. Le gel de silice est employé essentiellement à la déshydratation des gaz et liquides et également au fractionnement des hydrocarbonés.

II.2-3- Alumine activée:

L'alumine activée dispose d'une surface de 200 à 500 m² avec des pores de 20 à 140 Å. Elle résulte du traitement thermique de l'oxyde d'aluminium précipité ou de la bauxite. L'alumine est utilisée dans le séchage des gaz et des liquides.

II.2-4 -Argiles activées (ou terres décolorantes):

On obtient les argiles activées par addition d'eau à certaines qualités d'argile (bentonite, kaolinite, terre de Fuller), puis incorporation à la pâte ainsi obtenue d'une certaine quantité d'acide chlorhydrique. L'opération est suivie d'un lavage et séchage à des conditions déterminées. Il apparaît qu'une valeur du rapport SiO₂/Al₂O₃ plus grande confère à l'adsorbant un pouvoir de décoloration plus important.

La décoloration et la purification des huiles minérales et végétales utilisent ce type d'adsorbant.

II.2-5- Tamis moléculaires:

Du groupe des aluminosilicates cristallins, les tamis moléculaires appartiennent à la famille de minéraux connue sous le nom de *zéolithes*. Leur structure cristalline consiste essentiellement en un squelette tridimensionnel de tétraèdres de SiO₄ et de AlO₄, reliés entre eux par la mise en commun d'atomes d'oxygène. Le diamètre effectif des pores est de 3 à 5 Å pour les filtres moléculaires commercialement appelés « type A » et de 8 à 11 Å pour ceux de type X. Les tamis moléculaires permettent la séparation des molécules d'un mélange d'après leur taille et leur forme, par exemple la séparation des hydrocarbures à chaîne linéaire et des hydrocarbures à chaînes ramifiés ou des hydrocarbures cycliques.

II.2-6-Zéolites:

Les zéolites sont des alumino-silicates cristallins et poreux, résultant des enchaînements de tétraèdres de SiO_4 et AlO_4 . Ces tétraèdres sont reliés entre eux par des motifs réguliers grâce à des atomes d'oxygène mis en commun. Cela forme des super-réseaux cristallins contenant des pores de taille moléculaire, formés entre des fenêtres, dans lesquels les molécules étrangères peuvent pénétrer. La structure microporeuse est donc déterminée par les réseaux cristallins si bien qu'elle est complètement uniforme sans distribution de taille, contrairement aux trois autres types d'adsorbants. De nombreuses structures différentes de zéolites existent selon la manière dont sont arrangées les unités élémentaires (qui sont composées des tétraèdres de SiO_4 et AlO_4) et selon le rapport Si/Al.

Deux des zéolites les plus courantes sont les **zéolites A et X**.

Les zéolites ont généralement des structures *ioniques* en raison de la présence d'aluminium car chaque atome d'aluminium introduit une charge négative qui doit être compensée par un cation échangeable.

Les principaux cations sont des cations alcalins tels que le sodium (Na^+), le potassium (K^+), le calcium (Ca^{2+}), le lithium (Li^+), etc. La nature des cations ainsi que leur positionnement dans les zéolites sont une grande importance sur les propriétés d'adsorption [17].

II.2-7-Adsorbants à base de polymères:

Les adsorbants à base de polymères organiques ont trouvé des applications pour l'élimination des composés organiques, la purification des eaux ou la fabrication des médicaments. Les polymères de base sont des polystyrènes, des esters polyacryliques ou des résines phénoliques. Ce sont généralement des matériaux méso poreux [17].

Tableau II. 2– Principales caractéristiques physiques des adsorbants[17]

Adsorbants	Surface spécifique ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	Taille des pores (nm)	Porosité interne	Masse volumique apparente ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)
Charbons actifs	400 à 2 000	1,0 à 4,0	0,4 à 0,8	300 à 600
Tamis moléculaires carbonés	300 à 600	0,3 à 0,8	0,35 à 0,5	500 à 700
Zéolites	500 à 800	0,3 à 0,8	0,3 à 0,4	600 à 750
Gels de silice	600 à 800	2,0 à 5,0	0,4 à 0,5	700 à 800
Alumines activées	200 à 400	1,0 à 6,0	0,3 à 0,6	800 à 950
Adsorbants à base de polymère	100 à 700	4,0 à 20	0,4 à 0,6	400 à 700

II.2-8-Quelques exemples sur des adsorbants utilisés pour éliminer le rouge

Congo:

- ✚ tige de dattes
- ✚ noyaux de dattes
- ✚ Kaolins
- ✚ Racines de calotropis procera
- ✚ Bentonite
- ✚ Le tuf de Tinebdar
- ✚ Coquilles de cacahuètes
- ✚ Rebutts de dattes
- ✚ Pomme de terre
- ✚ Marc de café
- ✚ Feuilles de palmier



Partie expérimentale



Chapitre III

Matériels et méthodes

III.1-Introduction:

Dans cette partie, il sera exposé toutes les méthodologies analytiques avec le matériel nécessaire à leurs applications. Les méthodologies concernent le matériau étudié (Déchets des dattes), le colorant : le rouge Congo, ainsi que les essais d'adsorption de cet colorant sur les rebuts de dattes (H'chef). Pour le matériau, il sera désigné son échantillonnage, ainsi que sa préparation à l'analyse. Une caractérisation de texture sera suivie pour en déduire les propriétés adsorptives de ce matériau. Pour le colorant RC, il sera décrit leurs propriétés physico-chimiques ainsi la méthodologie d'analyse de spectrométrie dans le visible choisie. En fin, il sera détaillé le protocole d'analyse suivi pour les essais d'adsorption de colorant sur les déchets des dattes.

III.2-Matériels et méthodes :

Ce travail à été réalisé au niveau du laboratoire de génie de l'eau et l'environnement en milieu saharien de l'université de KASDI MERBAH - OUARGLA.

III.2-1-Matériels utilisés :

Tableau III. 1-Appareillage:

Nom de l'appareil	Marque
Balance de precision	Ohaus Explorer
Multiparamètre	HANNA HI 9829
Spectrophotomètre	Hach DR6000
Bain – Marie Agitateur	BSH
Etuve	Memmert- SN30
Plaques chauffantes et agitateurs	/

Tableau III. 2-Autre outils:

Nom	Caractéristiques
Micropipette	Volume :100-1000 μ L
L'éprouvette graduée	En plastique ; volume de 100ml
Tube à essai	En verre
Bécher	En verre ; différentes tailles
Spatule	En inox
Fiolle	En verre; volume de 1L
Flacon	En plastique

III.3-Réactifs utilisés:

III.3-1-Produits chimiques:

L'eau distillée: est une eau qui a subi une distillation. C'est donc une eau libérée de tous ses minéraux et de ses microorganismes [2*].

L'acide sulfurique (H_2SO_4): est le plus fort des acides simples. Ce diacide est incolore et inodore. Dans l'eau, il libère des ions hydronium, H_3O^+ , et des ions sulfates, SO_4^{2-} [3*].

L'hydroxyde de sodium (NaOH): également appelé soude caustique, est une base forte qui se présente, à température ambiante, sous forme solide. Il est constitué de cations sodium (Na^+) et d'anions hydroxyde (OH^-). Il est très soluble dans l'eau[4*].

Rouge congo ($C_{32}H_{22}N_6Na_2O_6S_2$): est un colorant anionique très soluble dans l'eau.

III.3-2-Adsorbant :

L'adsorbant utilisé au cours de cette étude est les déchets des dattes(H'chef) de Touggourt qui est situé au sud-est de wilaya de Ouargla en Algérie.

III.4-Généralités sur le palmier dattier[20]:

Le palmier dattier a été dénommé *Phoenix dactylifera* L. par Carl von Linné en 1734. Le mot *Phoenix* est le nom de dattier chez les Phéniciens, alors que *dactylifera* est dérivé du mot latin

dactylus qui signifie doigt, en raison de la forme du fruit de palmes C'est un arbre probablement originaire du golfe persique, cultivé dans les régions chaudes et humides.

III.4-1-Description botanique:

La datte ou fruit du dattier, est une baie généralement de forme allongée ou arrondie. La datte est constituée de deux parties, une partie dure non comestible, la graine ou noyau et une partie comestible, la pulpe ou la chair .

La partie comestible, la pulpe, représente selon les variétés et la provenance une proportion de 80 % à 90 % du poids total de la datte fraiche Elle est constituée de :

- ❖ Un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau ;
- ❖ Un mésocarpe généralement charnu, de consistance variable ;
- ❖ Un endocarpe de teinte plus clair et de texture fibreuse, parfois réduit à une membrane parcheminée entourant le noyau.

Les dimensions de la datte sont très variables, de 2 à 11cm de longueur et de 1 à 3 cm de diamètre, le poids d'une datte est de 2 à 20 grammes selon les variétés, leur couleur va du blanc jaunâtre au noir.

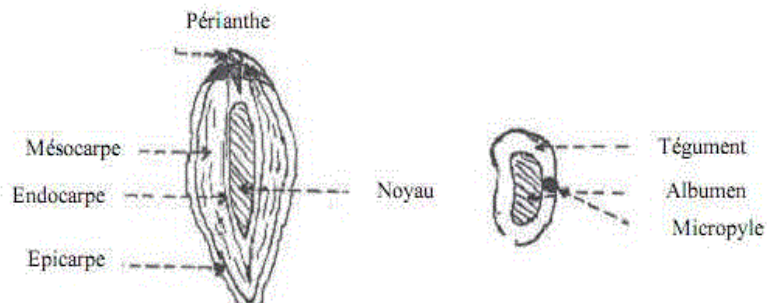


Figure III. 1- Coupe longitudinale au niveau du fruit de datte

III.4-2-Variétés des dattes:

Elles sont très nombreuses et se différencient par leurs saveurs, consistances, formes, couleurs, poids et dimensions.

En Algérie, il existe plus de 940 cultivars de dattes; Les principales variétés cultivées sont :

-Deglet-Nour : Variété commerciale par excellence. C'est une datte demi-molle, considérée comme étant la meilleure variété de datte du fait de son aspect, son onctuosité et sa saveur. A maturité la datte est d'une couleur brune ambrée avec un épicarpe lisse légèrement plissé et brillant, le mésocarpe présentant une texture fine légèrement fibreuse.

-Variétés communes : Ces variétés sont de moindre importance économique par rapport à Deglet-Nour. Les plus répandues sont : Ghars, Feggous, Degla-Beïda et Mech-Degla.

III.4-3-Répartition géographique du palmier dattier en Algérie:

Les principales régions phoenicicole en Algérie sont:

A l'Est: les Zibans (Biskra), l'Oued Rhir, l'Oued Souf, Ouargla et le M'zab (Ghardaïa). Ces palmeraies sont constituées principalement de Deglet Nour, cultivar à très haute valeur commerciale.

A l'Ouest : la Saoura (Taghit), le Touat (Adrar), le Gourara (Timimoun), le Tidikelt (Reggane). Ces palmeraies produisent des dattes, de qualité commerciale très faible.

III.5-Les rebuts de dattes[21] :

Les rebuts de dattes ou écarts de tri de dattes représentent les fruits du palmier dattier non consommables par l'être humain et qui sont destinés, traditionnellement, à l'alimentation du bétail.

Ils sont composés par une grande gamme de catégories, représentés principalement par :

- **H'chef:** dattes déshydratées.
- **Sich** : dattes non fécondées.

Ces deux catégories de rebuts de dattes représentent la gamme la plus importante de point de vue tonnage, et qui sont liées directement, au manque

d'eau d'irrigation pour le h'chef et à la mauvaise qualité ou l'indisponibilité du «*Dokkar*» (pollen) pour le *Sich*. Selon les informations qu'on a pu récolté, il ressort que les écarts de tri représentent une moyenne de 25 % de la production dattière annuelle.

III.5-1-Composition chimique :

Les résultats obtenus pour l'analyse fourragère et la composition pariétale sont rapportés par le tableau 3.

Tableau III. 3- Composition chimique du rebuts de dattes:

En % de la MS										
MS % de mal trai	MO	MM	MAT	CB	NDF	ADF	CV	HCOSE	LIGN	CI
90.4	95.82	4.18	4.17	9.59	24.39	12.94	7.21	11.45	5.26	0.45
± 0.31	± 0.06	± 0.06	± 0.11	± 1.53	± 0.05	± 0.03	± 0.16	± 0.12	±1.6	± 0.06

MS: matière sèche

Mo: matière organique

MM: matière minérale

MAT: matière azotée totale

LIGN: lignine

CI: cendres insolubles

NDF: paroi totale

ADF: lignocellulose

CV: cellulose varie

HCOSE: (hémicellulose)

CB: cellulose brute

III.5-2-Valeur nutritive :

a - Valeur énergétique :

La valeur énergétique est calculée par la formule de Leroy simplifiée, la matière grasse digestible, étant très faible, elle n'a pas été prise en compte dans l'évaluation énergétique.

$$UF/ kg MS = \frac{3.65 MOD - MS}{1883}$$

$$MOD = MO \text{ ingérée} \times CUD \text{ MO}$$

$$MOD(g/kg MS) \text{ de rebuts de dattes} = 732.05 \pm 93.62$$

La valeur énergétique, exprimées en UF Leroy

$$(UF /Kg MS) = 0.94 \pm 0.18$$

b-La valeur azotée :

La valeur azotée est calculée par la formule suivante :

$$\text{MAD(g)} = \text{MAT(g)} \times \text{CUD, MAT.}$$

$$\text{MAD(g/kg MS)} = 28.94 \pm 1.78$$

III.6-Préparation des déchets des dattes (Biosorbant):

Les déchets des dattes (DD) utilisées comme biosorbants sont collectées au niveau de " TOUGGOURT ". Après la collecte, les déchets sont lavés avec de l'eau de robinet puis l'eau distillée jusqu'à ce que l'on débarrasse de la saleté et répéter le processus de lavage plusieurs fois. Après avoir sécher les déchets nettoyés à partir à l'étuve, on le découpe en petits morceaux et les conserver à l'abri de l'humidité jusqu'à leur utilisation.

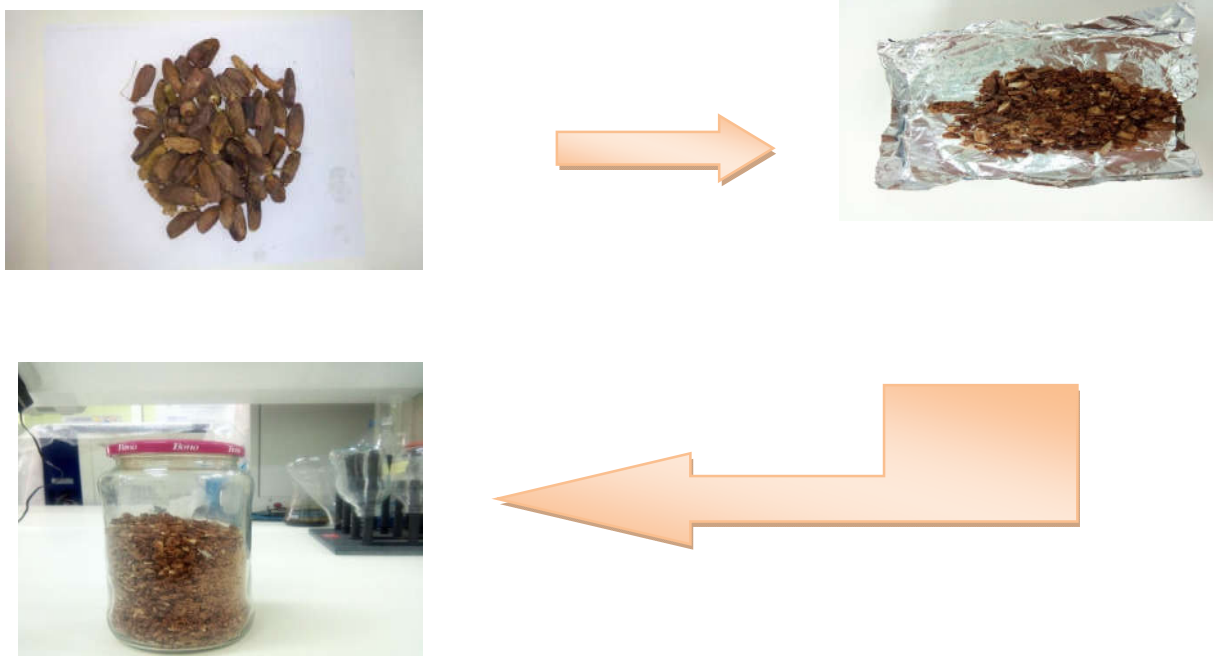


Figure III. 2-Préparation des déchets des dattes

III.7-Présentation des colorants (Sorbat) :

Le choix de colorant étudié RC répond aux critères suivants : leurs solubilités élevée dans l'eau, l'analyse simple et rapide par spectrophotométrie dans le visible, dans un but de comparaison de leurs adsorption. le RC est un colorant appartenant à la famille des colorants directs, et est une poudre de couleur rouge à des paramètres de pH 3.0 (bleu) et 5.2 (rouge).

Une solution mère (1g/l), de 1L de volume à été préparée et conservée à l'abri de la lumière. Par dilutions appropriées, des solutions filles ont été obtenues. Les pesées nécessaires à la préparation des solution ont été faites sur une balance sensible (OHAUS Explorer).



Figure III. 3-peser le colorant Rouge Congo RC.

III.8-Préparation des solutions:

Pour réaliser les différents expériences de sorption, on a préparé des solutions mères en colorants d'un volume de 1 L à une concentration $C_0 = 1000$ mg/L. Pour cela, on à fait dissoudre 1g de colorant dans 1 L d'eau distillée. Le mélange obtenu à été homogénéisé par agitation.

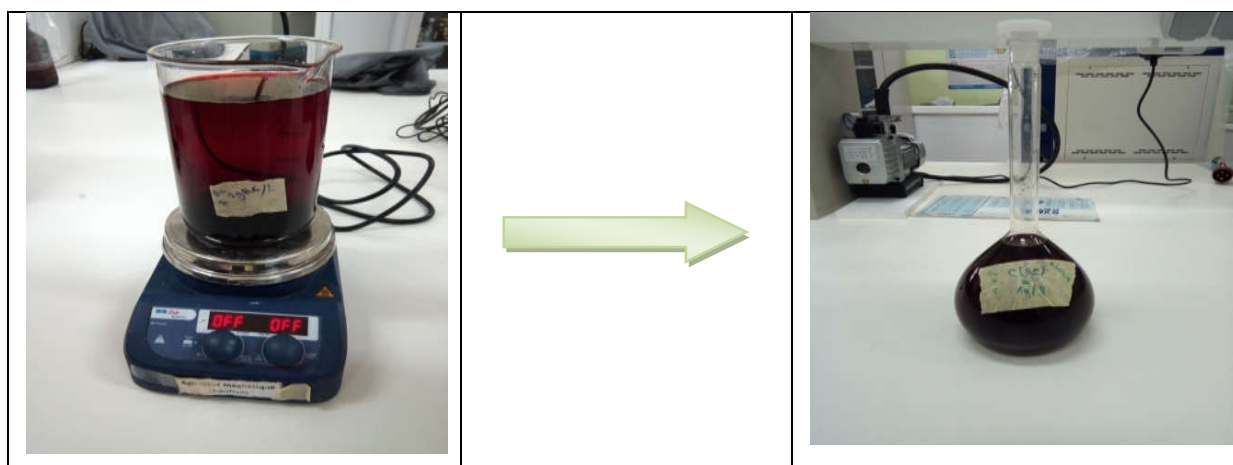


Figure III. 4-Préparation de solution mère de la colorant RC

Les solutions filles devant servir à l'analyse, ont été obtenues par des dilutions successives jusqu'aux concentrations désirées. La courbe d'étalonnage du colorant à été établie pour

déterminer les concentrations résiduelles dans les essais d'adsorption du colorant sur les rebuts de dattes (H'chef).



Figure III. 5-Dissolution d'un solution mère

III.9-Analyses du RC par spectrophotométrie dans le visible:

Les mesures de l'absorbance ont été effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre UV/visible type (HACH DR6000). La longueur d'onde du maximum d'absorption du RC est de 500 nm.

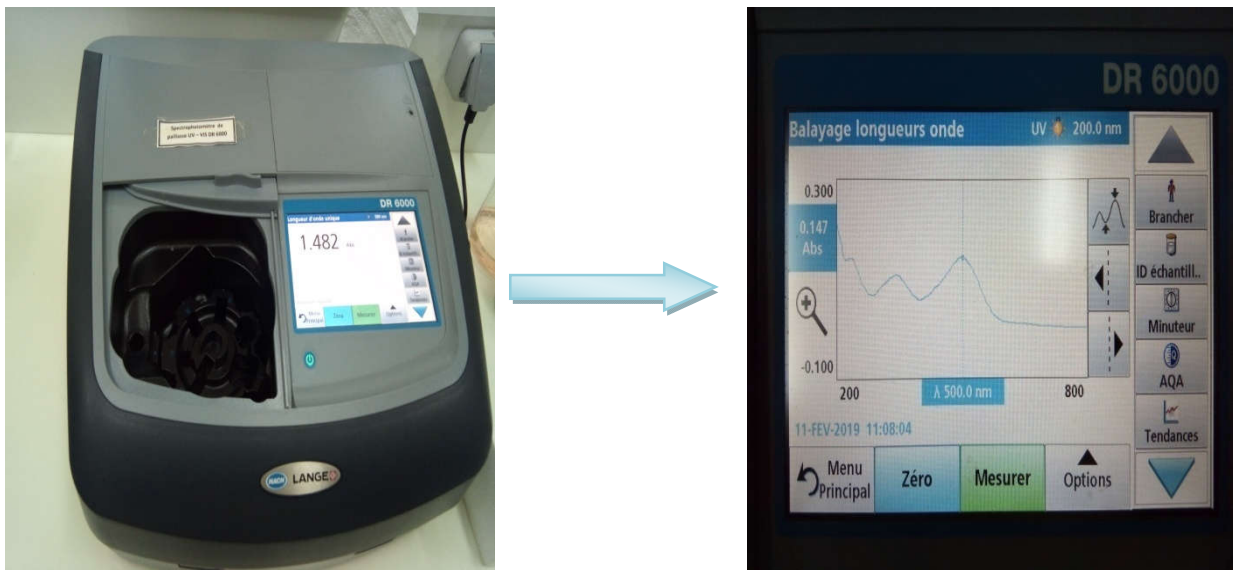


Figure III. 6-spectrophotomètre UV/visible (DR6000).

III.10-Essais d'adsorption du RC sur les déchets des dattes:

Pour les essais d'adsorption, les déchets des dattes ont été broyées dans le but d'augmenter leur capacité d'adsorption. D'une manière succincte, la mesure de capacité d'adsorption nécessite l'introduction d'une masse identique des déchets des dattes dans une série des béchers dans lesquels on a mélangé le RC. Après agitation de la série d'essais à température constante qui est donnée par l'eau d'un bain marie, les échantillons sont filtrés pour mesurer en fin les concentrations résiduelles du RC par spectrophotométrie dans le visible à 500nm.

Les expériences d'adsorption ont été effectuées à différents paramètres comme : la quantité de déchet (1 à 7 g), la concentration initiale de RC (0.007 à 0.02 mol), pH (2.5 à 12), la Température (30 à 70°C).

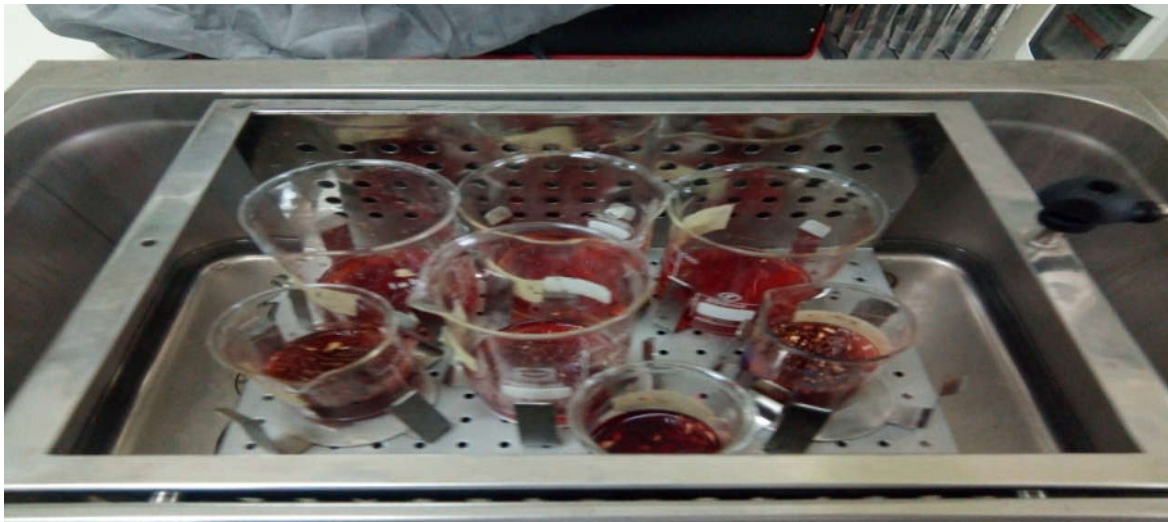


Figure III. 7. Exemple des 7 essais pour mesuré l'absorbance de RC par le déchet étudié, agitée à l'aide d'un bain marie

✚ Effet de quelques condition opératoires sur le taux d'adsorption:

✓ Effet de la quantité de biosorbant:

On suit le taux d'adsorption de RC sur DD en fonction de la quantité de déchet, dont les condition opératoires sont:

- Quantité de déchet est de 1g à 7g.
- Volume de la solution est de 100 ml.
- Concentration de la solution aqueuse (7 béchers) en RC est 0.02 g/l

- Les mélanges sont agités à une vitesse de 80 tr/min, la lecture de l'absorbance se fait à 500 nm chaque 10 min pendant 180min.



Figure III. 8-Test d'effet de quantité initiale de DD sur la biosorption

✓ **Effet de la concentration initiale en RC:**

On suit le taux d'adsorption de RC sur DD en fonction de la concentration initiale en RC, dont les conditions opératoires sont:

- Quantité de déchet est de 3g dans chaque bécher.
- Volume de la solution est de 100 ml.
- Concentration de la solution aqueuse en RC est 0.007 g/l à 0.02 g/l
- Les mélanges sont agités à une vitesse de 80 tr/min, la lecture de l'absorbance se fait à 500 nm chaque 10 min pendant 180min.



Figure III. 9-Test d'effet de concentration de solution de RC sur la biosorption

✓ Effet de la Température sur l'adsorption du RC:

On suit le taux d'adsorption de RC sur DD en fonction de la température, dont les conditions opératoires sont:

- Quantité de déchet est de 3g dans chaque bécher.
- Volume de la solution est de 100 ml.
- Concentration de la solution aqueuse (7 béchers) en RC est 0.02 g/l
- on varie les températures des 7 béchers entre 30°C, 35°C, 40°C, 50°C, 55°C, 60°C et 70°C .
- Les mélanges sont agités à une vitesse de 80 tr/min, la lecture de l'absorbance se fait à 500 nm chaque 10 min pendant 180min.



Figure III. 10-Test d'effet de la température de solution de RC sur la biosorption

✓ Effet de pH sur l'adsorption du RC :

On suit le taux d'adsorption de RC sur DD en fonction de la PH, dont les conditions opératoires sont:

- Quantité de déchet est de 3g dans chaque bécher.
- Volume de la solution est de 100 ml.
- Concentration de la solution aqueuse (7 béchers) en RC est 0.02 g/l
- on varie les PH des 7 béchers entre (2,5-3.2-4-8,5-10-12) par l'ajout de quelques gouttes d'acide sulfurique dans 3 béchers et dans les autres on ajoute L'hydroxyde de sodium, (ne varions pas le pH de bécher 1).

- Les mélanges sont agités à une vitesse de 80 tr/min, la lecture de l'absorbance se fait à 500 nm chaque 10 min pendant 180min.



Figure III. 11- appareil multi paramètres (HANNA. HI 9829) pour mesurer le pH des solutions

III.11-Formules de calcul:

- Pour déterminer les concentrations résiduelles de **RC** dans la phase liquide à l'instant **t**, on utilise l'équation linéaire:

$$Y = 54,45x + 0,003$$

Y: l'absorbance (**A**) à l'instant **t**.

X: la concentration résiduelle de **RC** à l'instant **t**.

- Pour calculer la quantité de **RC** biosorbée **q_t** (mg/g) à l'instant **t**:

Equation(3)

Pour calculer la quantité de **RC** biosorbée à l'équilibre **q_e** (mg/g), on utilise la formule suivante:

$$q_e = (C_0 - C_e) \cdot V/m$$

C_e: la concentration de **RC** dans la phase aqueuse à l'équilibre (mg/l).

V: volume de la solution (L).

m: masse de biosorbant sec (g).

- Pour calculer le rendement de l'enlèvement de **RC** à l'instant **t** (%), on applique la formule:

$$R(\%) = (C_0 - C_t)100 / C_0$$

Pour calculer les isothermes:

- Isotherme de Langmuir: équation(7)

Pour calculer l'intensité d'adsorption:

$$R_L = \frac{1}{(1 + b \cdot C_0)}$$

C₀ : la concentration initiale est ce en métal seulement dans la solution.

R_L = 0 il est irréversible

0 < R_L < 1 favorable

R_L = 1 linéaire

R_L > 1 non favorable

b = K_L

- Isotherme de Freundlich : à partir l'équation(8)



**Chapitre IV:
Résultats et
discussions**

IV-1.Introduction:

Dans la présente étude, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'adsorption du colorant RC sur les rebuts de dattes (H'chef), qui est un adsorbant naturel et largement disponible au sud algérien comme déchet naturel du cycle du palmier dattier. Cet adsorbant a été utilisé à l'état brut sans traitement préalable. L'influence de différents paramètres a été étudiée : la quantité d'adsorbant, concentration initiale en colorant, température et pH.

L'objectif de ce chapitre c'est d'exposer les résultats obtenus au cours de notre étude.

IV-2.La courbe d'étalonnage:

La courbe d'étalonnage établie à partir des solutions diluées de colorant, les solutions étalons sont par la suite analysées par spectrophotométrie UV-Visible à la longueur d'onde $\lambda_{\max} = 500\text{nm}$. Nous avons pu établir la droite d'étalonnage représentant l'absorbance (A) en fonction de la concentration C; [Abs=f(C)], représenté par la figure suivante :

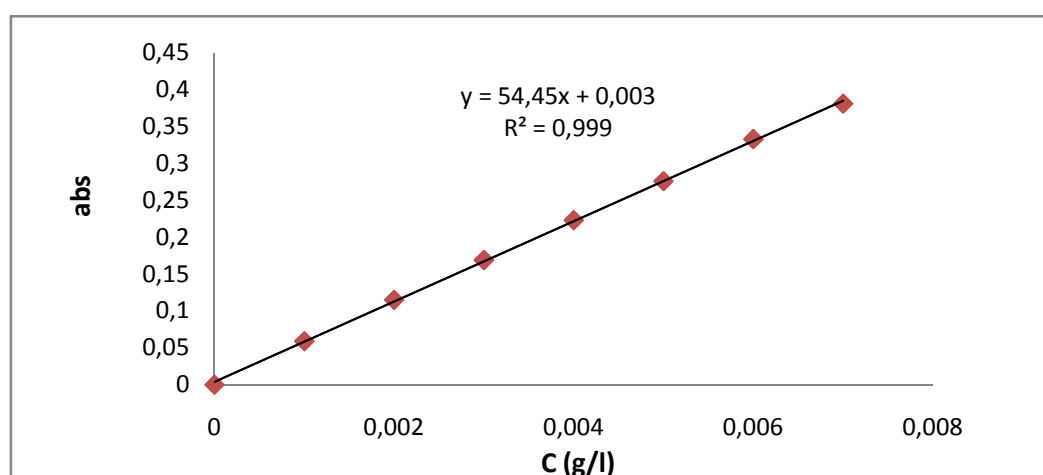


Figure IV 1: Courbe d'étalonnage du RC à 500 nm

L'équation de la courbe est: $y = 54,45x + 0,003$, avec un coefficient de régression

$$R^2 = 0,999$$

IV-3.Étude de l'adsorption de rouge Congo sur le H'chef:

Dans ce travail, nous avons étudié l'adsorption d'un colorant acide, le Rouge Congo,

en solution aqueuse sur les rebuts des dattes. L'influence de certains paramètres a été étudiée : la masse de H'chef, l'effet de pH, l'effet de concentration, l'effet de température, et ensuite l'étude cinétique et la détermination des isothermes d'adsorption ont été réalisées.

IV-3-1.Effet de la concentration initiale de RC:

L'effet de la concentration de colorant sur l'adsorption de RC par H'chef à 30 ° C est montré sur la figure IV-2:

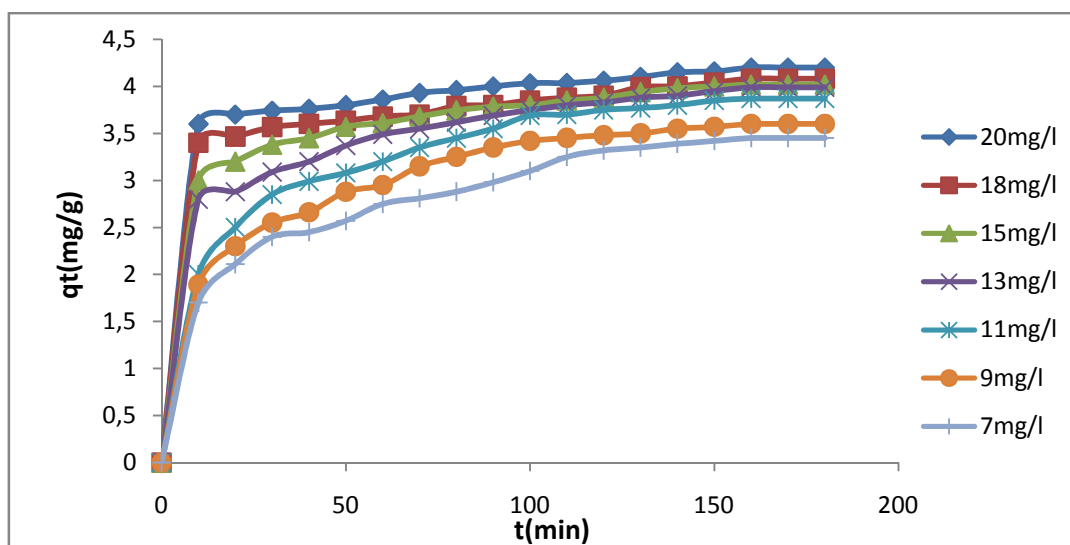


Figure IV 2: effet de la concentration initiale de RC sur l'adsorption Conditions

initiales : C₁=7mg/L, C₂=9mg/L, C₃=11mg/L, C₄=13mg/L, C₅=15mg/L,

C₆=18mg/l, C₇=20mg/l, avec une vitesse d'agitation :80 tr/min, T= 30°C.

La figure IV-3 présente le rendement de l'adsorption en fonction de la concentration initiale du colorant RC:

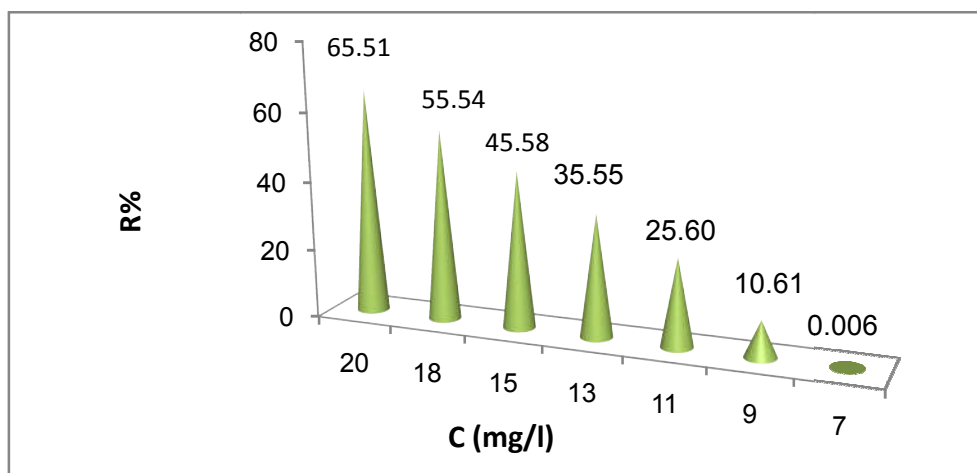


Figure IV 3: Variation de rendement d'adsorption du RC en fonction de la concentration de colorant sur le H'chef

On peut observer que l'augmentation de la concentration initiale en adsorbat, entraîne une augmentation appréciable de sa quantité adsorbée (3.45mg/g en 7mg/l à 4.2mg/g en 20mg/l). L'adsorption est plus rapide à son début qu'à sa fin. En effet l'adsorption est ralentie. Cela est expliqué par la disponibilité des sites actifs au début de l'adsorption et qui sont au fur à mesure occupés par les molécules du colorant. La capacité d'adsorption augmente avec le temps, à un certain moment une valeur constante où plus aucun colorant n'est éliminée de la solution. A ce stade, la quantité de RC adsorbée par l'adsorbant est dans un état d'équilibre dynamique.

Le rendement d'adsorption de RC sur le H'chef est bien.

IV-3-2.Effet de la quantité de l'adsorbant (H'chef):

Les expériences ont été faites avec différentes masses de H'chef et avec une concentration en colorant de 20mg/l . Les résultats observés sont illustrés sur la figure suivante :

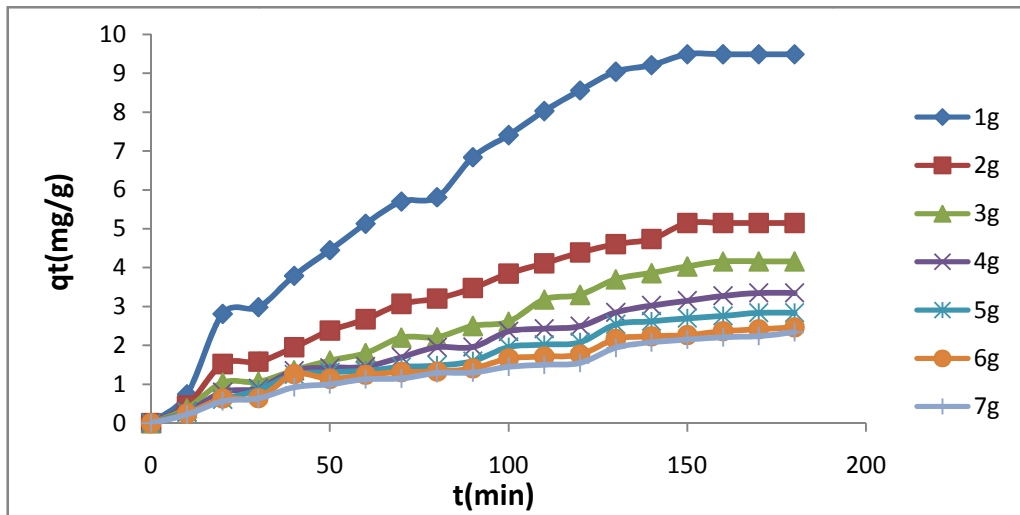


Figure IV 4: effet de la quantité de H'chef sur l'adsorption du Colorant Conditions initiales : $B_1=1g, B_2=2g, B_3=3g, B_4=4g, B_5=5g,$

$B_6=6g, B_7=7g,$ concentration de RC=20mg/L, vitesse d'agitation:80 tr/min, $T= 30^{\circ}C$

La figure IV-5 présente la variation de rendement d'adsorption en fonction de quantité de H'chef

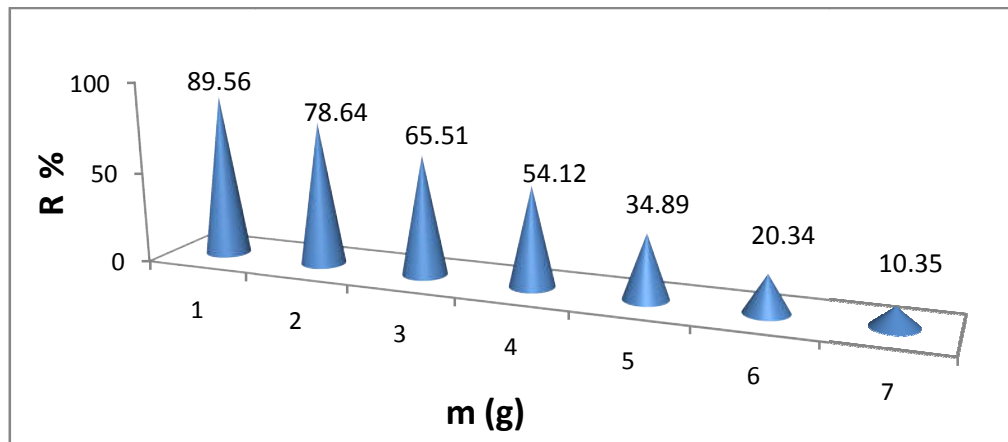


Figure IV 5: Variation de rendement d'adsorption en fonction de la quantité de H'chef.

L'effet de la masse d'adsorbant (H'chef) sur l'adsorption du RC étudié en volume de 100ml de solution et concentration initiale 20 mg/L. La figure IV-4 montre l'effet de la masse de H'chef sur la cinétique d'adsorption du RC (La quantité adsorbée du colorant est tracée en fonction de la masse d'adsorbant (1g, 2g, 3g, 4g, 5g, 6g et 7g). D'après cette figure, on remarque que l'augmentation de la masse de H'chef de 1g à 7g fait passer la quantité adsorbée de 9,49mg/g à 2,34mg/l. Cette diminution indique que la capacité d'adsorption varie

inversement avec l'augmentation de la masse de l'adsorbant, cela est due à l'encombrement causé par la présence en excès de la masse de ce dernier.

IV-3-3.Effet de la température:

La variation de la température a été étudiée à une concentration de **20mg/l** et avec une masse d'adsorbant égale à **3g**. Les résultats sont illustrés sur les figures suivantes:

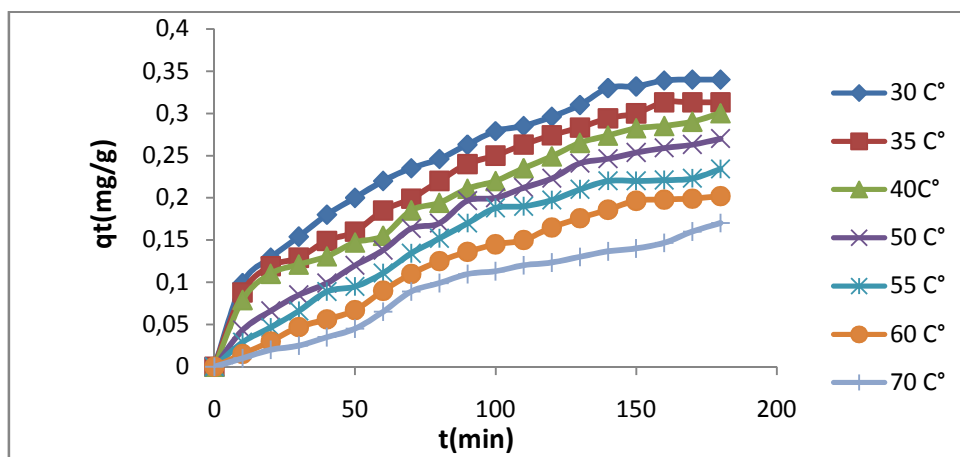


Figure IV 6: effet de la température sur l'adsorption du Colorant Conditions initiales : $B_1=30C^\circ$, $B_2=35 C^\circ$, $B_3=40 C^\circ$, $B_4=50 C^\circ$, $B_5=55 C^\circ$, $B_6=60 C^\circ$, $B_7=70 C^\circ$, concentration de RC=20mg/L, vitesse d'agitation:80 tr/min, q^{tit} de H'chef 3g

La figure IV-7 montre la variation de rendement d'adsorption en fonction de la température

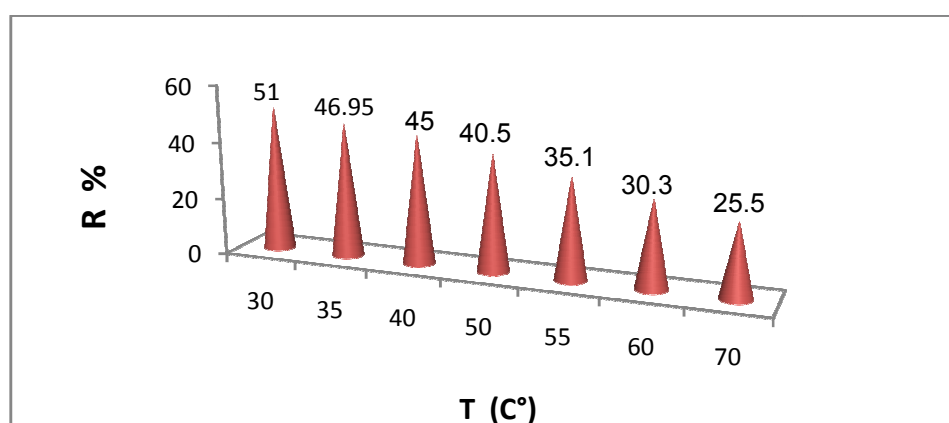


Figure IV 7: Variation de rendement d'adsorption en fonction de la température

On remarque que l'augmentation de la température (**30 C° à 70 C°**) fait diminuer la quantité adsorbée (de **0.34mg/g à 0.17mg/g**), on peut dire que le facteur température est défavorable

pour l'adsorption de RC sur H'chef. Car l'augmentation de la température provoque la fonte des sucres de H'chef et leur transformation en miel.

Cette diminution signifie aussi que c'est une réaction exothermique.

IV-3-4.Effet de pH:

Cette étude a été réalisé sur une solution de colorant de concentration 20mg/l et une masse de H'chef de 3g. Les résultats sont illustrés sur la figure suivante:

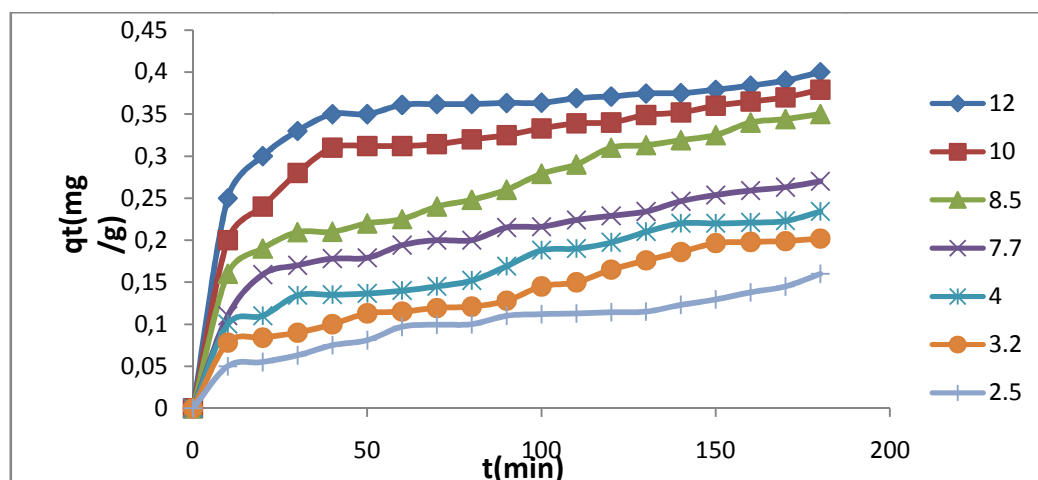


Figure IV 8: effet de pH sur l'adsorption du Colorant Conditions initiales : $B_1=12$, $B_2=10$, $B_3=8.5$, $B_4=7.7$, $B_5=4$, $B_6=3.2$, $B_7=2.5$, concentration de RC=20mg/L, vitesse d'agitation:80 tr/min, $T= 30^{\circ}C$

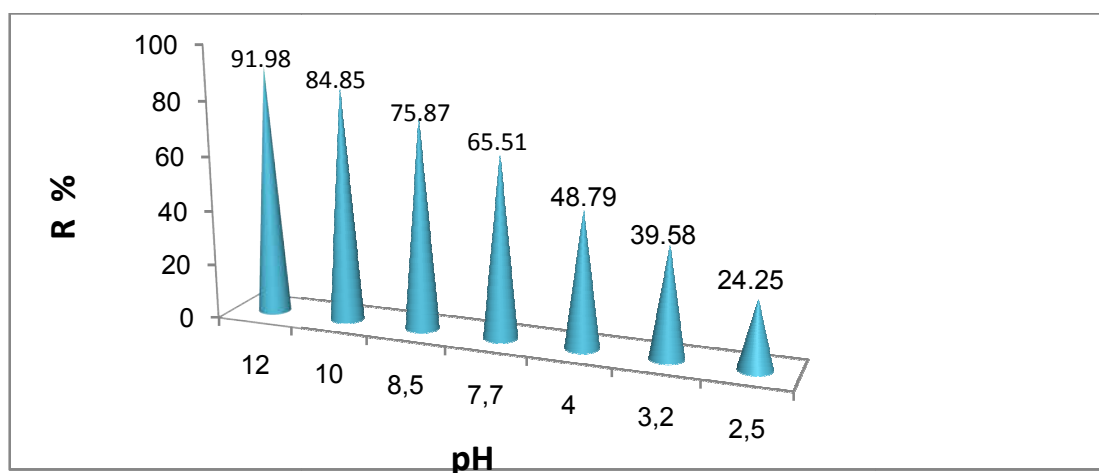


Figure IV 9: Variation de rendement d'adsorption en fonction de pH de la solution

Nous avons gardé le bécher 4 comme témoin (pH=7.7)

Selon les résultats obtenus et qui sont représentés sur **la Figure IV-8**, on remarque que la quantité adsorbée en milieu basique (**pH=8.5; =10; =12**) est mieux qu'en milieu acide (**pH=4; 3.2; 2.5**) parce que l'ajout d'acide sulfurique entraîne la diminution de pH donc l'augmentation de la concentration des ions H^+ qui entrent en compétition avec le RC sur les sites actifs.

La quantité adsorbée après trois heures est 0.4mg/g à pH=12 et 0.16mg/g à pH=2.5.

IV-4-Modélisation des isothermes :

On peut caractériser l'adsorption de notre colorant sur notre déchet en utilisant les modèles classiques comme Freundlich et Langmuir :

IV-4-1.Modèle de Langmuir :

Les paramètres équationnels de modèle de Langmuir sont rassemblés dans le tableau suivant:

Tableau IV 1: Les paramètres équationnels de modèle de Langmuir

C_0 (mg/l)	C_e (mg/l)	Q_e (mg/g)	C_e/Q_e (g/L)
7	6.8965	3.45	1.9989
9	8.892	3.6	2.47
11	10.8839	3.87	2.8123
13	12.8803	3.99	3.2281
15	14.8794	4.02	3.7013
18	17.8776	4.08	4.3818
20	19.874	4.2	4.7319

La droite de régression linéaire de Langmuir est représentée dans la figure suivante :

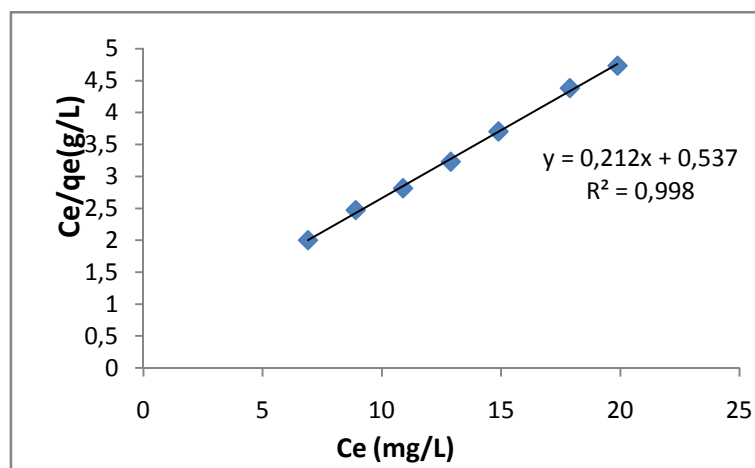


Figure IV 10: Modélisation des résultats expérimentaux par le modèle de Langmuir

Les valeurs des paramètres de l'équation de Langmuir sont calculées à partir de la pente et l'origine de la droite observées sur le graphe précédent.

Tableau IV 2: Valeurs des constantes de Langmuir:

K_L	$Q_m(\text{mg/g})$	R^2
0.212	4.7393	0.998

On remarque que la valeur du coefficient R^2 est proche de 1 ce qui veut dire que l'adsorption de RC sur le H'chef vérifie l'hypothèse de Langmuir.

Les valeurs de facteur de séparation (R_L) qui aussi caractérise l'isotherme de

Langmuir sont données sur le tableau suivant :

Tableau IV 3: Valeurs des facteurs de séparation du modèle de Langmuir:

$C_i(\text{mg/l})$	7	9	11	13	15	18	20
R_L	0.4026	0.3438	0.3001	0.2662	0.2392	0.2076	0.1908

D'après les résultats mentionnés dans le **tableau IV-3** on constate que les valeurs de

R_L diminuent avec l'augmentation de la concentration de l'adsorbat, aussi on remarque que $0 < R_L < 1$ cela signifie que l'adsorption de RC est favorable.

IV-4-2. Modèle de Freundlich :

La droite de régression linéaire de Freundlich est représentée sur la figure suivante

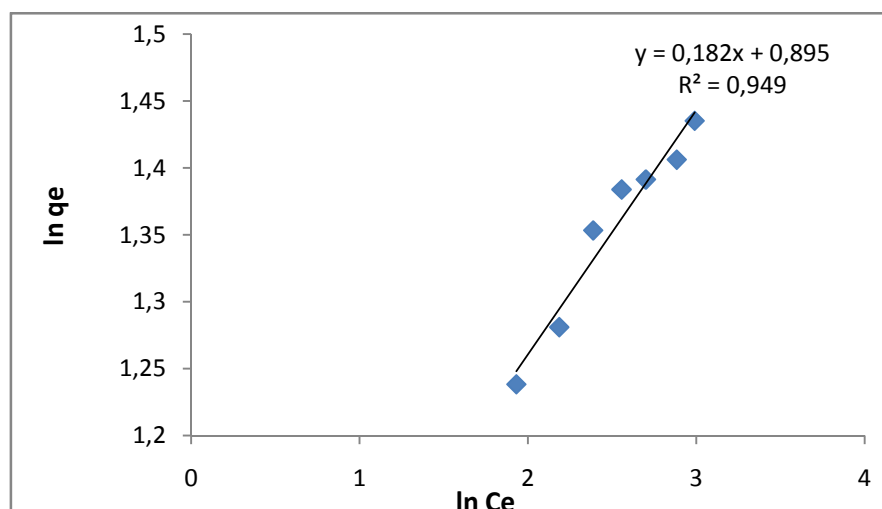


Figure IV 11: Modélisation des résultats expérimentaux par le modèle de Freundlich

A partir de figure précédente on détermine les paramètres K_f , $1/n_f$ ainsi que le coefficient de corrélation. Ces résultats sont reportés dans le tableau suivant :

Tableau IV 4: Valeurs des constantes de modèle de Freundlich:

$1/n_f$	n_f	K_f	R^2
0.182	5.4945	2.4473	0.949

D'après les résultats mentionnés dans le tableau précédent, nous constatons que la valeur de $1/n_f$ qui représente le facteur d'hétérogénéité sont inférieure à 1 ($1/n_f < 1$) ce qui veut dire que le processus d'adsorption du RC sur le H'chef est favorable et que notre isotherme est concave de type L, à propos de valeur de K_f on remarque qu'elle est importante ce qui suggère que l'adsorbant a une très grande capacité d'adsorption. On remarque aussi que la valeur du coefficient R^2 est proche de 1 ce qui veut dire que l'adsorption de RC sur le H'chef vérifie l'hypothèse de Freundlich.

IV-5. Etude cinétique:

L'étude est faite dont le but de déterminer la quantité de l'adsorbat (Rouge Congo) fixée sur l'adsorbant (H'chef) depuis la mise en contact jusqu'à l'atteinte de l'équilibre, elle permet d'obtenir la vitesse initiale d'adsorption.

IV.5.1. Cinétique du pseudo première ordre :

A partir de l'équation de Lagergren donnée dans chapitre II qui représente la

cinétique de pseudo premier ordre et sa forme linéaire, on peut calculer la constante de vitesse K_1 en traçant $\ln(q_e - q_t)$ en fonction de t pour différentes valeur de concentration, les résultats sont représentés sur la figure suivante.

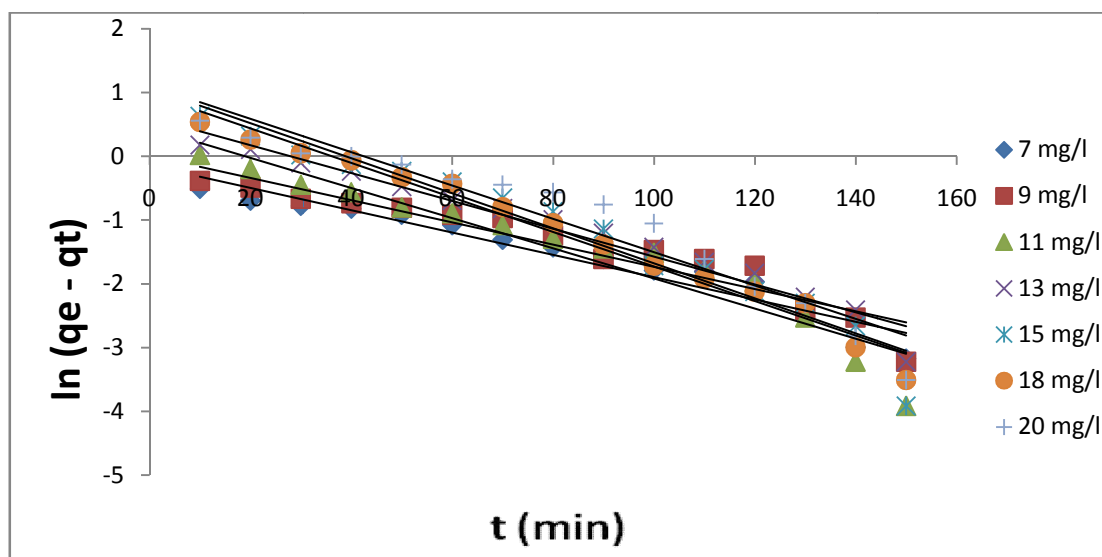


Figure IV 12: Cinétique d'élimination du RC selon le modèle du pseudo premier ordre

A partir des courbes présentées sur la **Figure IV.12**, on peut calculer les constantes de Vitesse et le coefficient de corrélation. Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant

Tableau IV 5: Valeurs des constantes de modèle cinétique de 1^{er} ordre:

C(mg/l)	R ²	K ₁ (min ⁻¹)
7	0.931	0.017
9	0.904	0.017
11	0.912	0.023
13	0.964	0.021
15	0.946	0.027
18	0.978	0.027
20	0.925	0.026

D'après les résultats présentés sur le tableau précédent, on remarque que les coefficients de corrélation sont petits ($R^2 < 0.99$) à différentes valeurs et ne présentent pas une bonne linéarité ce qui signifie que l'adsorption de RC sur le H'chef n'obéissent pas au modèle cinétique du pseudo premier ordre.

IV.5.2. Cinétique du pseudo second ordre :

A partir de l'équation représentative de la cinétique de pseudo second ordre et sa

forme linéaire, on peut tracer t/q_t en fonction de t pour différentes valeur de concentration, ce qui nous permet de déterminer la constante de vitesse K_2 et le coefficient de corrélation. Les résultats sont représentés sur la figure suivante :

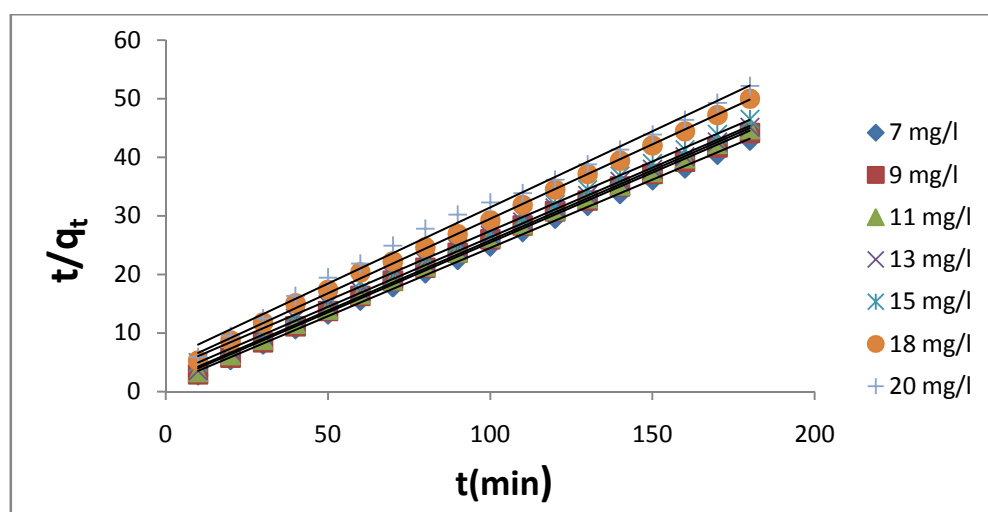


Figure IV 13: Cinétique d'élimination du RC selon le modèle du deuxième ordre

Les courbes précédentes montrent une bonne linéarisation des résultats d'adsorption

RC par le modèle pseudo-second ordre. A partir des pentes et les ordonnées à l'origine de ces droites on peut calculer les constantes de vitesse K_2 , et les coefficients de corrélation R^2 sont regroupés dans le tableau ci-dessous :

Tableau IV 6: Valeurs des constantes de modèle cinétique de 2^{ème} ordre:

C(mg/l)	R^2	$K_2(\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{min}^{-1})$
7	0.999	0.121
9	0.998	0.109
11	0.999	0.206
13	0.998	0.109
15	0.998	0.187
18	0.998	0.158
20	0.995	0.147

D'après les valeurs des coefficients de corrélation, les droites $q_t=f(t)$ présentent une bonne linéarité ($R^2 \leq 0.99$). Ces résultats expérimentaux suggèrent que le modèle pseudo second ordre est le plus adapté pour décrire l'adsorption du RC sur le H'chef. Ces résultats corroborent plusieurs études qui ont trouvé que la cinétique d'adsorption du colorant sur le H'chef obéissent au modèle pseudo second ordre.

CONCLUSION GENERALE

L'eau synonyme de vie est aussi, une ressource indispensable à de nombreuses industries notamment textiles, dont les effluents liquides colorés portent un préjudice considérable aux écosystèmes. La décoloration de ces eaux résiduaires s'impose, non seulement pour un meilleur respect de l'environnement, mais aussi pour une utilisation plus rationnelle - à travers le recyclage – de cette ressource devenue de plus en plus rare.

Les colorants, plus particulièrement industriels (textiles), sont des sources dramatiques de pollution. Il est devenu, alors impératif de réduire voire éliminer ces colorants par des voies de traitement biologique ou physico-chimique

Cette étude a été réalisée pour développer des adsorbants à faibles coûts, on évaluant la capacité d'adsorption des déchets des dattes. Afin d'éliminer le colorant acide (anionique) : le Rouge Congo des eaux usées. Le matériau adsorbant étudié est un déchet des dattes (H'chef).

Dans cette étude, nous avons opté pour le procédé d'adsorption qui est considéré comme l'une des techniques de traitement les plus utilisées pour enlever de l'eau les composés organiques et ions métalliques en général. Cette étude a montré que le H'chef, peut être utilisé pour l'élimination du Rouge Congo contenu en phase aqueuse. Pour tester la performance de ce matériau, plusieurs essais d'adsorption du RC, à été réalisé en prenant en compte l'influence de quelques paramètres opératoires : quantité de déchet utilisé comme adsorbant, concentration initiale du colorant, température et pH du milieu. Les résultats des essais d'adsorption, ont montré que la quantité de colorant adsorbé est très grande pour une quantité de déchets de 0,02 g/L, une température de 30°C, une vitesse d'agitation 80 tr/min et pour un $\text{pH} \leq 2.5$ pendant 180min. Après avoir déterminé les conditions opératoires optimales, nous avons testé l'adsorption de RC sur les déchets de dattes (H'chef) en suivant la concentration résiduelle de colorant dans la solution en fonction du temps. La modélisation des isothermes d'adsorptions obtenues montre que cette adsorption concorde bien avec les modèles de Langmuir et de Freundlich pour le colorant étudié.

En fin, l'utilisation de la biosorption en tant que processus de décoloration des eaux usées s'avère prometteuse dans l'élimination de Rouge Congo de l'eau.

Références bibliographiques

- [1] Mme Zoubida SMAHI Née SENOUCI-BEREKSI, Essais de valorisation d'un déchet cellulosique : tiges de chardons dans l'élimination d'un colorant basique à partir de solutions aqueuses synthétiques, Pour l'obtention du diplôme de :doctorat en science ,Chimie Appliquée, université Abou-bekr Belkaid –Tlemcen- ,12/02/2017.
- [2] M^{elle} NAIT MERZOUG Nesrine ,application des tiges de dattes dans l'adsorption de polluants organiques ,mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Magister, Chimie physique et analytique, Université Mohamed Cherif Massaadia Souk-Ahras, 2014.
- [3] REFFAS ABDELBAKI, étude de l'adsorption de colorants organiques (rouge nylosan et bleu de méthylène) sur des charbons actifs préparés à partir du marc de café, en vue de l'obtention Du Doctorat en sciences en génie des procédés de l'environnement, université Mentouri –Constantine- , 05 /12 /2010.
- [4] A. Dbik, n. el Messaoudi et a. Lacherai, Valorisation du bois des noyaux des dattes d'une variété de palmier de la région de Tinghir (Maroc): Application l'élimination de bleu de méthylène. Mater. Environ. Sci. 5 (S2) (2014) 2510-2514 ede4 Dbik et al. Issn : 2028-2508coden: jmescn.
- [5] BEN HAOUED Zahrat el oula, Biosorption d'un colorant en milieu aqueux sur différents déchet organiques, Mémoire Master Académique, Génie des Procédés de l'Environnement, université Kasdi Merbah -Ouargla- ,06/06 /2017.
- [6] GUECHI El-Khamssa, Enlèvement de colorants à partir de solutions aqueuses par des matériaux sorbants non conventionnels et à faible coût, Thèse de doctorat, Génie Chimique, université Badji Mokhtar -Annaba- , 2013.
- [7] AGOUD Hedda et Belattaf Khokha, Elimination d'un colorant textile basique par adsorption sur le tuf de Tinebdar, En vue de l'obtention du diplôme de Master en Chimie Analyse, Université A. MIRA – Béjaïa-, 2015.
- [8]BENAISSA Akila ,Etude de la dégradation photo catalytique d'un colorant synthétique et d'un tensioactif ,Thèse de Doctorat, Université Mentouri -Constantine-,2011.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [9] M^{elle} BENAÏSSA Asma, Etude de la faisabilité d'élimination de certains colorants textiles par certains matériaux déchets d'origine naturelle, Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme de Master en Chimie Sciences Séparatives et Environnement, Université Abou Bakr Balkaid, Tlemcen – , 2012.
- [10] M^{elle} KHELFAOUI Wissam et M^{elle} GARTI Warda, Elimination par adsorption du colorant rouge Congo sur la bentonite sodique et la bentonite sodique modifiée. En vue de l'obtention du diplôme de Master En Génie Chimique, Université A. MIRA – BEJAIA-, 2016
- [11] M^{elle} Benamraoui Faouzia, Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture, magister Génie Chimique, université Ferhat Abbas –Setif - ,2014.
- [12] Mr Lamri NAÏDJA, élimination du colorant orange II en solution aqueuse par voie photochimique et par adsorption, magister en chimie analytique, physique et environnement, université Mentouri de Constantine, 02 Décembre 2010.
- [13] D.BAAR, M.LECOMTE, Rouge Congo aqueux Rouge Congo SDS, Cercle des Mycologues du Luxembourg belge asbl (M.L.B.), Président : Paul PIROT, rue des Peupliers, 10, B-6840 NEUFCHATEAU, page 1;3.
- [14] Baghriche OUALID, Contribution de méthodes destructives (Photolyse et P.O.A's) et non destructives à l'élimination de deux colorants (Bleu de méthylène et rouge Congo) en solution aqueuse, En vue de l'obtention du diplôme de magister de chimie, université Mentori –Constantine-, 2005.
- [15] Emilian koller, Aide-mémoire génie chimique, dunod, Paris, 3^{eme} édition,2009.
- [16] M^{elle} Sana NOUACER, Application des tiges de dattes dans l'adsorption de métaux toxiques de l'eau, Thèse En vue de l'obtention d'un Diplôme de Doctorat- en chimie analytique et environnement, université Badji Mokhtar –Annaba- ,2015.
- [17] Lian-Ming SUN et Francis MEUNIER, Technique de l'ingénieur, Adsorption, Aspect théorique ,page 3;4.

[18] Melle Nora SEDIRA, Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dates, mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magister En chimie physique et analytique Environnement et traitement des eaux, Université Mohamed Chérif Massaadia Souk-Ahras, 2013.

[19] Nadir BOUNAIDJA, Enlèvement d'un colorant cationique à partir de solutions aqueuses par un matériau sorbant non conventionnel et à faible coût, mémoire en vue de l'obtention du diplôme de master, Génie des Procédés de l'Environnement, université BADJI MOKHTAR-ANNABA, 2018.

[20] Bahia MEROUFEL, Adsorption des polluants organiques et inorganiques sur des substances naturelles : Kaolin, racines de Calotropis procera et Noyaux de dates, pour l'obtention du titre de Docteur de Sciences du Bois et des Fibres, Université de Lorraine, 18 décembre 2015.

[21] A.CHEHMA , H.F LONGO et SIBOUKEUR, estimation du tonnage et valeur alimentaire des sous produits du palmier dattier , chez les ovins, Département Agronomie Saharienne, Centre Universitaire de Ouargla, INA, laboratoire de production animale. El-Harrach. 16200. Alger, 2000.

Références citographiques

[1*] <https://www.altibbi.com>

[2*] <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-eau-distillee-6899/>

[3*] <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-acide-sulfurique-15032/>

[4*] <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/chimie-hydroxyde-sodium-15036/>

Annexes



- Modèle : OHAUS – Explorer
- Performances élevées avec 0,01mg de lisibilité
- Capacités allant jusqu'à 220 g
- Équipé d'un écran tactile couleur

Photo 10. Balance de précision pour la pesée de poudre d'os







- Modèle : HANNA. HI 9829
- Type: multi-paramètre
- Paramètres mesurés: pH, conductivité, O₂ dissous

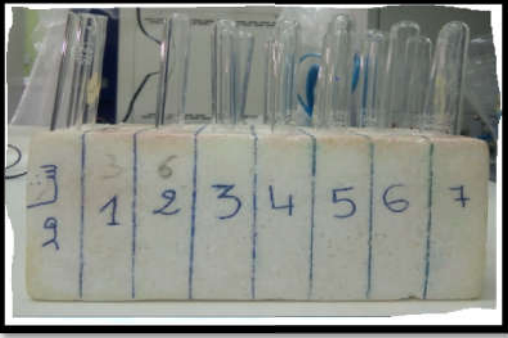



Photo 13. Multi-paramètre

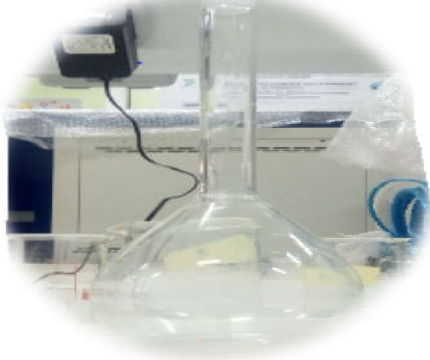


- Marque : Hach
- Modèle : DR6000
- Gamme spectrale : 580 nm
- Précision : ± 2 nm

Photo 14. Spectrophotomètre UV-Vis

	Bain – Marie Agitateur	Mode : BSH Gamme des températures jusqu'à 100 °C Volume interne: 230 litres 50/60 Hz
	l'étuve	Modèle : Memmert– SN30 Gamme des températures jusqu'à +250 °C Volume interne: 32 litres
	Micropipette	Volume : 100-1000 µL
	L'éprouvette graduée	Volume : 100ml

	Tube à essai	Des tubes à essai en verre
	Plaque chauffante et agitateur	Température :100°C
	Les béchers	Volume :100ml
	une spatule	outil permettant de prélever une quantité de matière

	<p>Fiole</p>	<p>Flacon de verre</p>
---	---------------------	-------------------------------

Résumé:

Le but de notre étude est de valoriser les résidus naturels (rebut de dattes) pour les utiliser dans le traitement des eaux usées colorées et en particulier de déterminer leur capacité à adsorber le Rouge Congo en milieu aqueux. Les expériences ont démontré un effet plus ou moins important des paramètres : température, concentration initiale de Rouge Congo, quantités de rebut de dattes utilisées, degré d'acidité du milieu (pH) sur le rendement d'adsorption voir l'élimination du colorant.

L'adsorption dans ces conditions obéit à l'isotherme de Langmuir et au modèle de pseudo-deuxième ordre avec des R^2 proche de 1.

A travers les expériences et les résultats obtenus, les rebut de dattes ont prouvé leur capacité d'adsorption efficace.

Mots clés: adsorption, rebut de dattes, Rouge Congo, isothermes d'adsorption.

المخلص:

الهدف من دراستنا هو تقيم المخلفات الطبيعية (مخلفات التمر) لاستخدامها في معالجة المياه المستعملة الملونة وخاصة لتحديد قدرتها على امتصاص الكونغو الأحمر في وسط مائي. أظهرت التجارب تأثيراً مهماً إلى حد ما بالنسبة للعوامل التالية: درجة الحرارة والتركيز الأولي للكونغو الأحمر وكميات مخلفات التمر المستخدمة ودرجة حموضة الوسط على مردود الامتزاز في التخلص من الصبغة.

الامتزاز في ظل هذه الظروف يتناسب مع نموذج Langmuir و pseudo الدرجة الثانية مع قيم لمعامل الانحدار قريبة من الواحد .

من خلال التجارب والنتائج التي تم الحصول عليها ، أثبتت مخلفات التمر قدرتها على الامتزاز الفعالة.

الكلمات المفتاحية: الامتزاز ، مخلفات التمر ، الكونغو الحمراء ، نماذج الامتزاز.

Abstract

The purpose of our study is to valorize the natural residues (rejects of dates) to use them in the treatment of colored wastewater and in particular to determine their capacity to adsorb the Red Congo in aqueous medium. The experiments demonstrated a more or less important effect of the parameters: temperature, initial concentration of Congo red, quantities of used date scraps, degree of acidity of the medium (pH) on the adsorption yield or the elimination of the dye.

The adsorption under these conditions obeys the Langmuir isotherm and the pseudo-second-order model with R^2 proche of 1.

Through the experiments and the results obtained, the rejects of dates have proved their effective adsorption capacity.

Key words: adsorption, date scrap, Congo red, adsorption isotherms.