



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par : **Guerbas Abdel Kader**

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie des Procédés

OPTION : Génies des Procédés de l'Environnement

Thème

**Contribution à l'étude de l'adsorption du vert
d'aniline par un adsorbant local**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Pr. BENALIA Mokhtar	Professeur	Président
M ^{lle} . SOLTANI Amel	MAA	Examinatrice
Dr. BOUDAOU D Asma	MCA	Rapportrice
M ^{lle} CHEBBA Samira	Doctorante	Co-rapportrice
Pr. DJEDID Mebrouk	Professeur	Invité Professeur

Promotion : JUIN 2023

Dédicace

Grâce à Allah le tout puissant qui m'a donnée le courage, la volonté et la force pour réaliser ce mémoire.

Je dédie ce travail :

À ma chère maman qui n'a jamais cessé de ménager ses efforts pour que j'atteigne ce niveau.

Ses sacrifices et privations ne l'ont pas empêché d'accomplir son devoir de mère soucieuse de l'avenir de ses enfants.

À l'hommage de mon cher père qui a su se montrer sa chaleurpaternelle a été toujours pour moi d'un grand réconfort.

Jamais de simples mots ne me permettront de vous de exprimer mes remerciements.

A ma femme qui m'a soutenu, encouragé et aidé tous le temps, a mes enfants

Youcef, Adam et Meriem.

À mes chères amies.

À tous mes ami(e)s de la promotion de 2023.

Abdel kader Guerbas

Remerciement

Au terme de ce travail, qui a été réalisé au sein de laboratoire de recherche de génie des procédés à l'université de Laghouat, Je tiens à exprimer mes vifs remerciements au **Dr. BOUDAUD. Asma** pour m'avoir dirigé tout au long de ce travail et m'avoir découvrir des notions très diverses de ce sujet et sa compétences scientifiques, leur conseils et encouragements, sa disponibilité malgré un emploi du temps chargé.

Je souhaite remercier **M^{lle} CHEBBA Samira** pour son aide précieuse et ses conseils.

Merci de m'avoir fait confiance sur ce projet qui vous tenait à cœur.

Une profonde reconnaissance est exprimée à **Mr** le professeur **BENALIA Mokhtar** le chef de département de génie des procédés pour m'avoir fait le grand honneur de présider le jury et de juger ce travail.

Nous remerciments s'adressent aussi à **M^{lle} SOLTANI Amel** et pour avoir accepté de juger ce travail et que je suis honoré par leur présence.

Je remercie **Mr** le professeur **DJEDID Mebrouk** notre invite d'honneur d'être parmi les membres de juré.

Merci à tout le personnel du département de génie de procédée et mes collègues de travail.

Je remercie Dieu pour toutes les bénédictions avec lesquelles nous avons accompli ce travail.

Merci infiniment

Sommaire

SOMMAIRE

Dédicace

Remerciement

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale

Chapitre I : Aperçu théorique

Introduction générale	01
Introduction... ..	02
Pollution par les colorants... ..	02
Définition des colorants.....	02
Origine des colorants.....	04
Pollution de l'eau par les colorants.....	04
Pollution de l'eau par le vert d'aniline.....	04
Propriétés du vert d'aniline... ..	04
Effet sur la santé.....	05
Effet du Vert d'aniline sur l'environnement	06
Techniques d'élimination des colorants.....	06
Le traitement chimique.....	06
I.4.2.Le traitement biologique	06
I.4.3. Le traitement physique.....	07
Adsorption	08
Définition de l'adsorption.....	08
Types de l'adsorption... ..	08
Les facteurs influençant l'adsorption... ..	09
Mécanisme d'adsorption.....	11
La cinétique d'adsorption	12
Isotherme d'adsorption.....	13
Chapitre II: Matériel et Méthodes	
Introduction	16
Appareillage et réactifs.....	16
Appareillage.....	16

Réactifs...	17
Préparation des réactifs	17
Préparation de l'adsorbant	18
Technique d'analyse (Spectroscopie UV-Visible)	19
Essais d'adsorption	20
Effet de la masse de l'adsorbant	20
Effet du pH	20
Effet de temps de contact	20
Effet de la concentration.....	21
Effet de la température	21

Chapitre III : Résultats et Discussion

Introduction	22
L'analyse par l'UV-Visible.....	22
Optimisation des paramètres opératoire	23
Influence de masse	23
Influence de pH.....	24
Influence de temps d'agitation... ..	24
Influence de concentration initiale... ..	25
Influence de température	26
Étude isothermique	27
Le modèle de Freundlich... ..	27
Modèle de Langmuir... ..	28
III.4.1.Étude cinétique.....	30
Étude comparative.....	32
Conclusion	33

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

VA: Vert d'Aniline

UV-Visible : Ultra Violet –Visible

nm : nanomètre

λ : Longueur d'onde

pH: potentiel d'hydrogène

P : Pureté %

DP : Déchet palmier

A: Absorbance de la solution

I_0 : L'intensité de lumière transmise à travers le solvant pur

I: I'intensité de longueur d'onde transmise à travers une solution de concentration

ϵ : Le coefficient d'extinction molaire (L / mol.cm)

L: Trajet optique

Q: Quantité adsorbé

C_0 : Concentration initiale

C_e : Concentration à l'équilibre

m: masse

V: volume

Liste des figures

Figure I.1: Structure du Vert d'aniline	5
Figure I.2: Mécanisme de transport de l'adsorbat au sein d'un grain	12
Figure I.3: Classification des isothermes d'adsorption selon Giles	14
Figure II.1: La solution mère de l'adsorbat VA	18
Figure II.2: Organigramme de la préparation de l'adsorbant	18
Figure II.3: L'adsorbant DR avant et après la préparation	19
Figure II.4: Spectrophotométrie UV-Visible	20
Figure III.1: Courbe d'étalonnage du VA	22
Figure III.2: Influence de la masse de l'adsorbant sur l'adsorption du VA [VA] = 100 mg/l, temps de contact = 120 min et T=25°C	23
Figure III.3: Influence du pH de la solution sur l'adsorption du VA [VA] = 100 mg/l, temps de contact = 120 min, m = 0.5 g et T=25°C	24
Figure III.4: Influence du temps de contact sur l'adsorption du VA m = 0.5 g et T=25°C.	25
Figure III.5: Influence de la concentration initiale sur l'adsorption du VA m = 0.5 g et T=25°C	26
Figure III.6: Influence de la Température sur l'adsorption du VA [VA] = 100 mg/l, temps de contact = 60 min, m=0.5 g.	26
Figure III.7: Linéarisation d'isotherme d'adsorption de VA Selon le Modèle de Freundlich	28
Figure III.8: Linéarisation d'isotherme d'adsorption de VA Selon le Modèle de Langmuir	29
Figure III.9: Cinétique d'adsorption de VA (à l'aide d'un modèle de pseudo- premier ordre).	30
Figure III.10: Cinétique d'adsorption de VA (à l'aide d'un modèle de pseudo-second ordre)	31

Liste des tableaux

Tableau I.1: Relation entre la fréquence absorbée et la couleur transmise	3
Tableau I.2: Principaux groupements chromophores et auxochromes, classés par Intensité croissante.	3
Tableau 1.3: Le vert d'aniline comme indicateur coloré dans les dosages acido-basiques	5
Tableau I.4: Comparaison des techniques de dépollution des effluents textiles	7
Tableau I.5: Différences entre physisorption et chimisorption	9
Tableau II.1: Caractéristique des réactifs utilisés	17
Tableau III.1: Les constantes de différentes isothermes d'adsorption de VA	29
Tableau III.2: Paramètres cinétiques d'adsorption de VA à 298 K	31
Tableaux III.3: Adsorption de VA sur les différents adsorbants	32

Introduction générale

L'eau est un élément indispensable à l'existence des êtres vivants. Son rôle est fondamental pour le développement économique de la civilisation humaine, vu son utilisation dans de nombreux secteurs notamment l'industrie et l'agriculture. Cette ressource vitale est très connue par sa grande fragilité. D'où la nécessité d'amélioration des moyens efficaces pour sa protection contre la pollution.

Depuis des siècles, l'homme a utilisé des colorants dans nombreux secteurs industriels tels que: le textile, la papèterie, le cosmétique et l'alimentaire. Les colorants synthétiques sont les plus utilisés, dus à leur facilité de synthèse et leur rapidité de production en grande quantité. En outre, la majorité de ces colorants sont toxiques et provoquent beaucoup de problèmes dans l'environnement et sur la santé humaine, d'où l'intérêt de traitement des eaux usées chargées de ces colorants et rejetées dans l'environnement sans aucun traitement préalable.

Afin de réduire les quantités de ces contaminants des effluents liquides, plusieurs procédés de traitement ont été développés. Le procédé d'adsorption est l'un des techniques les plus prometteuses en raison de sa commodité et de sa simplicité d'utilisation. Le charbon actif est l'adsorbant le plus communément utilisé en raison de sa grande capacité d'adsorption des contaminants organiques et inorganiques. Toutefois, son cout élevé limite son utilisation pour le traitement des grands volumes d'eaux polluées. La recherche des adsorbants alternatifs et efficaces à faibles couts de préférence issus des substances naturelles et déchets locaux a été mise à l'étude par plusieurs chercheurs.

Dans le cadre de notre mémoire, nous avons utilisé le un bio-adsorbant des feuilles de palmier pour l'élimination du polluant (vert d'aniline), ce polluant dont des effets néfaste sur la population et l'environnement. Ce travail de recherche a pour le but d'étudier une méthode pratique pour le piégeage et l'élimination du colorant vert d'aniline à partir de solutions simulées et se compose de trois chapitres:

- Le premier chapitre est consacré à l'étude théorique englobant des rappels sur le phénomène d'adsorption et quelques généralités sur les colorants et le vert d'aniline.
- Le deuxième chapitre de ce mémoire représente l'étude expérimentale. Cette partie fait l'objet traitement par adsorption d'une solution de vert d'aniline d'une manière générale et en particulier une étude détaillée sur l'effet de quelques paramètres physico- chimiques importants sur sa fixation sur l'adsorbant préparé.
- Le troisième chapitre représente tous les résultats nécessaire et leurs discussions.
- Enfin, on termine par une conclusion générale qui résumera les principaux résultats et des perspectives.

Chapitre I

Aperçu théorique

Introduction

Avec l'expansion de l'humanité, de la science et de la technologie, la demande en eau a considérablement augmenté dans tous les secteurs [1]. Malheureusement, l'eau est souvent polluée au cours de ses utilisations variées, ce qui signifie que nous avons tous la responsabilité de fournir un approvisionnement d'eau sain, sûr et durable pour l'humanité, l'environnement et l'économie. Les colorants sont particulièrement préoccupants en tant que polluants, car une fois qu'ils sont dissous dans l'eau, ils peuvent être difficiles à traiter en raison de leur origine synthétique et de leur complexité moléculaire qui les rendent plus stables et plus résistants à la biodégradation. [2].

Diverses méthodes physiques, chimiques et biologiques peuvent être utilisées pour décolorer des effluents pollués [3]. Parmi celles-ci, l'adsorption est la plus couramment employée pour éliminer les colorants, elle est considérée comme une méthode analytique de choix en raison de son efficacité et de sa simplicité d'utilisation [4].

Pollution par les colorants

La plupart des procédés industriels conduisent à des rejets polluants suite au contact de l'eau avec des solides, des liquides ou des gaz. Les eaux de fabrication contiennent des produits toxiques non biodégradables. À titre d'exemple, les teintures synthétiques utilisées en industries textiles qui génère une pollution très importante du milieu aqueux avec des rejets fortement contaminés par des colorants [5]. La production mondiale des colorants est estimée à 700 000 tonnes/ an, dont 140 000 sont rejetées dans les effluents au cours des différentes étapes d'application et de confection. Ces rejets, composés de surfactants, composés biocides, suspensions solides, agents de dispersion et de mouillage, colorants et métaux traces, sont toxiques pour la plupart des organismes vivants [6].

Définition des colorants

On appelle colorant toute substance colorée qui mise au contact de façon appropriée avec un support (se fixe ou se dissout dans ce dernier de façon durable, en lui conférant une nouvelle propriété : la couleur).

Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à absorber les rayonnements lumineux dans le spectre visible (de 380 à 750 nm). La transformation de la lumière blanche en lumière colorée par réflexion sur un corps, ou par transmission ou diffusion, résulte de

l'absorption sélective d'énergie par certains groupes d'atomes appelés chromophore, La relation entre la longueur d'onde et la couleur transmise est donnée dans le (Tableau I.1)..

Tableau I.1: Relation entre la fréquence absorbée et la couleur transmise.

λ longueur d'onde absorbée (Å)	Couleur observe (transmise)
4000 (violet)	Jaune verdâtre
4250 (bleu nuit)	Jaune
4500 (bleu)	Orange
4900 (bleu vert)	Rouge
5100 (vert)	Pourpre
5300 (jaune vert)	Violet
5500 (jaune)	Bleu nuit
5900 (orange)	Bleu

Les colorants consistent en un assemblage de groupes chromophores, auxochromes et de structures aromatiques conjuguées (cycles benzéniques, anthracène, perylène, etc). Lorsque le nombre de noyaux aromatiques augmente, la conjugaison des doubles liaisons s'accroît. L'énergie des liaisons p diminue tandis que l'activité des électrons λ ou n augmente et produit un déplacement vers les grandes longueurs d'onde. De même, lorsqu'un groupe auxochrome donneur d'électrons (amino, hydroxy, alkoxy...) est placé sur un système aromatique conjugué, ce groupe se joint à la conjugaison du système p, il peut y avoir hyperconjugaison et la molécule absorbe dans les grandes longueurs d'onde et donne des couleurs plus foncées [7].

Tableau I.2: Principaux groupements chromophores et auxochromes.

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

Origine des colorants

L'homme utilise les colorants depuis de nombreux siècles. En ancienne égypte, ont utilisé des colorants sur la céramiques et dans l'art mural, cette dernière était des extraits des végétaux ou d'animaux. Vers les années 1950 les colorants synthétiques commencent à apparaître et devient une matière de base dans l'industrie des textiles, pharmaceutiques etc ...

Les colorants peuvent être classés en deux groupes par rapport à leurs origines [8].

a. Colorants naturels

Ce sont des extraits de plantes ou des animaux.

b. Colorants artificiels

Fabriquer par l'homme avec la présence d'une toxicité.

Pollution de l'eau par les colorants

L'un des importants polluants, ce sont les colorants, une fois ils dissous dans l'eau, ils seront parfois difficile à traiter car les colorants ont une origine synthétique et une structure moléculaire complexe qui les rend plus stables et difficiles à être biodégradé [9]. donc peuvent constituer des facteurs de risques pour notre santé et de nuisances pour notre environnement, donc il est nécessaire de limiter la plus possible ces polluants en mettant en place un moyen de traitement adaptée comme une unité de décoloration.

Pollution de l'eau par le vert d'aniline

Le développement accéléré de l'industrie a généré depuis des décennies des rejets de plus en plus importants. Leur accumulation est préjudiciable à l'environnement : elle conduit à des effets nuisibles sur la faune, la flore et l'homme lui-même. Les colorants synthétiques sont l'une des principales sources de pollution dans l'eau. Parmi les colorants textiles 15% sont des colorants azoïques. Parmi eux, le vert d'aniline a été utilisé dans divers domaines de la santé, de l'alimentation et du textile.

Propriétés du vert d'aniline

Le vert d'aniline (ou 4-[(4-diméthylaminophenyl)-phényl-méthyl]-N, N-diméthyl-aniline) est un produit chimique toxique essentiellement réputé pour ses qualités de colorant bleu-vert.

Il a aussi été utilisé pour traiter les parasites, les infections fongiques, et les infections bactériennes dans le poisson et les œufs de poisson. Il possède aussi des propriétés bactériologiques.

La solution aqueuse du vert d'aniline a un goût un peu amer. Une bonne manière d'enlever la teinture des dents est de les rincer avec une solution d'éthanol.

Les dernières caractéristiques intéressantes du vert d'aniline sont ses propriétés d'indicateur coloré de pH en chimie. Le vert d'aniline possède deux zones de virages, un en milieu particulièrement acide et un en milieu particulièrement basique.

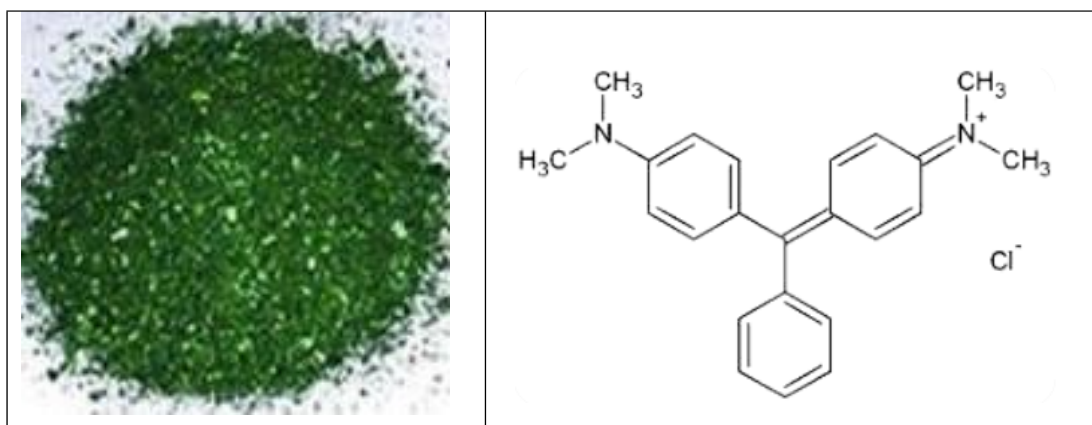


Figure 1.1: Structure du Vert d'aniline.

Le vert d'aniline est utilisé comme indicateur coloré dans les dosages acido-basiques en chimie. Il possède trois formes différentes caractérisées par différentes couleurs qui permettent de déterminer le pH d'une solution.

Tableau 1.3 : Le vert d'aniline comme indicateur coloré dans les dosages acido-basiques.

Zone de virage	Forme du vert d'aniline
pH 0.2 à pH 1.8	Forme acide : Jaune
pH 1.8 à pH 11.5	Forme classique: Bleu-vert
pH 11.5 à pH 13.2	Forme basique : incolore

Effet de Vert d'aniline sur la santé

Cependant, en 1992, au Canada, on a montré qu'il existait un risque sanitaire significatif pour les humains qui ont mangé des poissons contenant du vert d'aniline et le composé a été répertorié en classe II. Il s'est avéré que la molécule était toxique pour les cellules humaines et qu'il existait une possibilité qu'elle soit la cause de la formation de tumeurs au foie. Cependant, à cause de sa facilité de préparation et du faible coût de sa synthèse, il est toujours employé dans certains pays avec des lois moins restrictives ne concernant pas l'aquaculture.

En 2005, des anguilles et des poissons importés de Chine ont été trouvés à Hong Kong avec des traces de ce produit chimique [10]. .

Effet Vert d'aniline sur l'environnement

Le colorant triphénylméthane Vert d'Aniline (VA) était utilisé pour colorer la soie, la laine et le cuir. VA est extrêmement toxique pour les poissons et est facilement absorbé par les poissons tissus. Il est métaboliquement réduit en leucoaniline vert (LVA) qui est lipophile et peut être stocké dans les tissus des poissons pendant de longues périodes de temps. VA et leucoaniline vert sont soupçonnés d'être capables de provoquer des gènes dommages et cancérogènes. VA entre dans le l'environnement des stations d'épuration municipales et la source du produit provient de sites industriels Comme les normes environnementales internationales deviennent de plus en plus rigoureux (ISO 14001, octobre 1996) [11].

Techniques d'élimination des colorants

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

Le traitement chimique

- L'oxydation classique, par des oxydants puissants et variés tels que l'hypochlorite de sodium (NaClO), l'ozone (O_3), ou encore le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), l'action de ces composés permet l'obtention de sous-produits dégradables par les microorganismes.
- La réduction par l'hydrosulfite de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) (comme réactifs), conduit à la destruction ou la décomposition de la molécule du colorant.
- La méthode compleximétrique, est une méthode titrimétrique fait intervenir des réactions de Formation de complexes.
- L'oxydation avancée, consiste à dégrader les molécules de colorants en CO_2 et H_2O au moyen De rayonnement UV en présence de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) [12].

Le traitement biologique

Les procédés biologiques se partagent en deux catégories : Aérobie en présence d'oxygène et Anaérobie sans oxygène.

Le traitement physique

Il existe plusieurs techniques physiques pour le traitement des eaux usées :

La méthode de précipitation (coagulation, floculation, sédimentation), l'échange d'ions, les techniques membranaires (la filtration sur membrane, et l'osmose inverse) et l'adsorption.

On résume dans le tableau ci-dessus les différentes méthodes d'élimination des colorants.

Tableau I.4 : Comparaison des techniques de dépollution des effluents textiles [13].

Technique	Avantages	Inconvénient
Coagulation/Floculation par Alun, Chaux, trichlorure de fer, poly-électrolytes	- Équipement simple ; - Décoloration relativement rapide; Réduction significative de la DCO.	Formation de boues; Adjonction des produits chimiques nécessaires; Fonctionnement onéreux; Coagulants non réutilisables; Réduction spécifique de la Couleur
Les techniques membranaires le cas de l'osmose inverse, nanofiltration, microfiltration, ultrafiltration.	Utilisation simple et rapide; Pas d'addition de produits chimiques; Faible consommation énergétique; Réduction de la couleur; Grands volumes traités.	Investissement important; Sélectif; Encrassement rapide des membranes; Pré et post traitements nécessaires.
Adsorption Par Carbone activé, Silice	Réduction efficace de la couleur; Technologie simple; Faible coût (selon l'adsorption) d'utilisation pour certains adsorbants.	Investissement et coûts de fonctionnement élevés; Lent et limité en volume; Régénération des adsorbants onéreuse voire impossible; Sélectif; Formation de boues.
Oxydation Chimique Par ozone, réactif de fenton, chloration.	Traitement de gros volumes; Diminution nette de la coloration; Décoloration rapide et	Investissements et coûts de fonctionnement très élevés; Efficacité limitée pour Certains colorants Produits

	efficace; Opération simple; Oxydant puissant.	d'oxydation inconnus Coûts élevé; Formation de sous produits de chloration (Cancérogènes).
--	--	---

Adsorption

L'adsorption définit la propriété de certains matériaux de fixer à leur surface des molécules organiques...

D'une manière plus ou moins réversible. Il y a transfert de matière de la phase aqueuse ou gazeuse vers la surface solide. Les adsorbants les plus employés sont les charbons actifs en poudre ou en grains [14].

Définition de l'adsorption

L'adsorption est un phénomène physico-chimique d'interface, pouvant se manifester entre un solide et un gaz ou entre un solide et un liquide ; c'est-à-dire entre l'adsorbé (soluté) et l'adsorbant (solide). C'est une opération physique de séparation des mélanges qui permet l'élimination d'une substance par une autre de la phase dans laquelle elle se trouve.

Qualitativement l'adsorption est définie comme le passage d'espèce chimique d'une phase liquide ou gazeuse vers une surface solide. Il s'agit donc du passage de l'état dissout à l'état adsorbé. Le processus inverse est la désorption [15].

Types de l'adsorption

a. Adsorption chimique (ou chimisorption) :

Elle met en jeu une ou plusieurs liaisons chimiques covalentes ou ioniques entre l'adsorbé et l'adsorbant. La chimisorption est généralement irréversible, produisant une modification des molécules adsorbées. Ces dernières ne peuvent pas être accumulées sur plus d'une monocouche. Seules sont concernées par ce type d'adsorption, les molécules directement liées au solide [16]. La chaleur d'adsorption, relativement élevée, est comprise entre 20 et 200 Kcal/mol. La distance entre la surface et la molécule adsorbée est plus courte que dans le cas de la physisorption.

b. Adsorption physique (ou physisorption) :

Contrairement à la chimisorption, l'adsorption physique se produit à des températures basses.

Les molécules s'adsorbent sur plusieurs couches (multicouches) avec des chaleurs d'adsorption souvent inférieures à 20 Kcal/mole. Les interactions entre les molécules du soluté (adsorbât) et la surface du solide (adsorbant) sont assurées par des forces électrostatiques type dipôles, liaison hydrogène ou Van der Waals [17]. La physisorption est rapide, réversible et n'entraîne pas de modification des molécules adsorbées. La distinction entre les deux types d'adsorption n'est pas toujours facile. En effet, les énergies mises en jeu dans les physisorptions fortes peuvent rejoindre celles qui interviennent dans les chimisorptions faibles.

Tableau I.5: Différences entre physisorption et chimisorption [18].

Adsorption physique	Adsorption chimique
Equilibre rapide dans l'établissement entre la phase adsorbée et le milieu	Equilibre long à atteindre entre la phase adsorbée et le milieu adsorbant.
Chaleur d'adsorption faible de l'ordre de 40KJ/mole.	Chaleur d'adsorption comparable aux chaleurs de réactions chimiques (de 50 à 200KJ/mole).
Réversibilité relativement facile	Irréversible

Les facteurs influençant l'adsorption

a. Propriétés de l'adsorbât

- **Polarité et polarisabilité de la molécule adsorbée**

L'adsorption va être fortement influencée par les dimensions du composé à piéger (surface, volume), mais aussi par les groupements fonctionnels de la molécule (alcools, aldéhydes, cétones, acides carboxyliques, amines, soufre, halogène...) induisant des effets de polarisabilité plus ou moins marqués[19]. Un soluté polaire aura plus d'affinité pour un solvant ou pour l'adsorbant le plus polaire.

- **Solubilité**

Plusieurs chercheurs ont montré que les constantes d'adsorption ont tendance à être plus importants quand la solubilité du composé diminue.

- **Concentration**

Pour les faibles concentrations de produit a dissous, on observe, en général, que le taux d'adsorption en fonction de la concentration de substance dissoute suit la loi de Freundlich.

b. Propriétés de l'adsorbant

Afin de déterminer si un contaminant sera adsorbé et selon quel ordre de grandeur, les propriétés de l'adsorbant tel que la surface spécifique, la distribution des tailles des pores, la nature physico-chimique de la surface ainsi que le milieu doivent être considérées [20].

L'efficacité d'un adsorbant vis-à-vis d'un adsorbât dépend d'un nombre important de paramètres dont les principaux sont :

• Polarité

Les solides polaires adsorbent préférentiellement les corps polaires, et les solides apolaires adsorbent les corps apolaires. Puisque les forces de Van Der Waals sont responsables de l'adsorption, on peut admettre que les composés les plus polarisables, ceux qui ont des groupements polaires, etc eux pouvant donner des liaisons hydrogène, sont facilement adsorbés [21].

• Porosité

La porosité est liée à la répartition de la taille des pores. Elle reflète la structure interne des adsorbants microporeux [22].

• Surface spécifique

La surface spécifique d'un solide est définie comme étant sa surface par unité de masse. Elle est exprimée en ($m^2.g$). 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 [23].

Cette surface peut être augmentée généralement par traitement ou par broyage de la masse solide qui augmente sa porosité totale.

• 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. La distribution des tailles des pores joue un rôle important dans la cinétique globale du processus d'adsorption [24]. En général, l'adsorption augmente avec la porosité de l'adsorbant.

c. Paramètres physico-chimique

Tels que la température et le pH qui ont une influence considérable sur le phénomène d'adsorption.

- **Température**

L'adsorption physique se déroule généralement à basse température et en remarque pas de modification significative dans l'intervalle 5-20 °C. L'étendue de la chimisorption augmente avec l'augmentation de la température jusqu'à une certaine limite et ensuite elle commence à diminuer [25]. La vitesse d'adsorption varie en fonction de la température, généralement elle obéit à la loi d'Arrhenius

- **pH de solution**

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 [26].

Les meilleurs résultats sont obtenus aux pH acides pour les adsorbats cationiques et aux pH basiques pour les adsorbats anioniques [27], en tenant compte du point isoélectrique de l'adsorbant. En effet le pH_{pzc} représente la frontière où la charge de surface est nulle et change de signe.

$pH > pH_{pzc}$: La charge de surface nette est positive.

$pH < pH_{pzc}$: La charge de surface nette est négative.

Mécanisme d'adsorption

Le processus d'adsorption se déroule en 3 étapes (Figure I.2) [28]:

Étape 1 Diffusion externe : Transfert du soluté du sein de la solution à la surface externe des particules. Le transfert de matière externe dépend des conditions hydrodynamiques de l'écoulement d'un fluide dans un lit d'adsorbant

Étape 2 Diffusion interne : Les particules de fluide pénètrent à l'intérieur des pores. Elle dépend du gradient de concentration du soluté.

Étape 3 Diffusion de surface : Fixation des molécules sur la surface des pores.

Ainsi l'étape de l'adsorption proprement dite pourra s'effectuer.

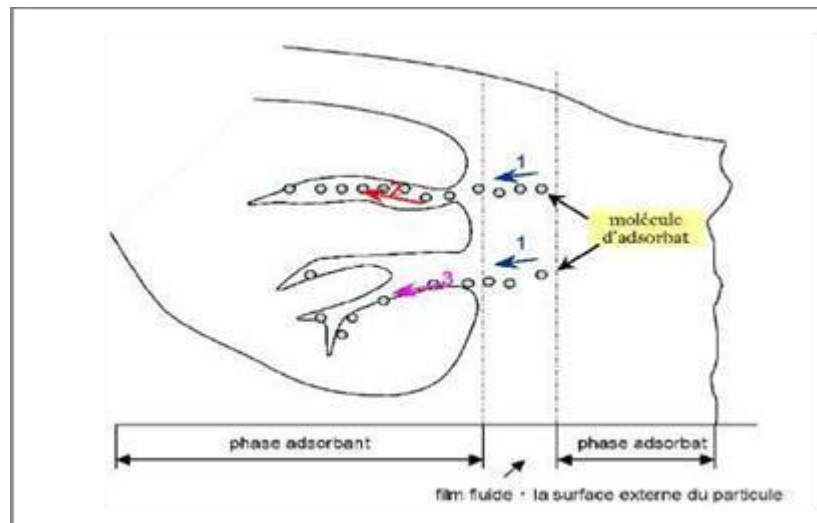


Figure I.2: Mécanisme de transport de l'adsorbant au sein d'un grain.

Cinétique d'adsorption

La cinétique d'adsorption est définie par l'évolution de la quantité adsorbée en fonction du temps de contact adsorbant/adsorbant. La vitesse d'adsorption d'un soluté à partir d'une solution dépend de nombreux facteurs, notamment la nature de l'adsorbant, l'adsorbant, ainsi que de la vitesse d'agitation du milieu. Elles ont montré que l'adsorption des adsorbats est relativement rapide sur un solide non poreux. L'équilibre est atteint en quelques minutes. Cependant, l'adsorption sur un solide poreux est beaucoup plus lente [29].

Pour évaluer le processus ou le mécanisme d'adsorption, différents modèles cinétiques ont été utilisés dans la littérature : le modèle pseudo-premier ordre et le modèle pseudo-deuxième ordre ces deux modèles sont les plus étudiés à fin de modéliser la cinétique l'adsorption et de déterminer certains paramètres cinétiques comme la constante de vitesse et la quantité adsorbée à l'équilibre [30-31].

a. Modèle cinétique pseudo-premier ordre

Pour l'adsorption en phase liquide, le modèle pseudo-premier ordre ou modèle de Lagergren a été exprimé par la relation suivante [32]:

$$dq_t/dt = K_t(q_e - q_t) \quad (I.1)$$

Avec

K_t : la constante de vitesse pour une cinétique du pseudo-premier ordre (min^{-1}) ;

q_t : la capacité d'adsorption à l'instant t en (mg/g) ;

q_e : la capacité d'adsorption à l'équilibre par gramme d'adsorbant en (mg/g) ;

t : le temps de contact en (min).

L'intégration de l'équation pour III.11 pour les conditions aux limites $q_t = 0$ à $t = 0$ et $q_t = q_t$ à $t = t$, devient :

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - (K_1 t) \quad (\text{I.2})$$

b. Modèle cinétique pseudo-deuxième ordre :

Une expression également très souvent utilisée est celle du pseudo-deuxième ordre. Ce modèle décrit avec succès la cinétique de la réaction de fixation du soluté sur le solide. Il est obéit à la relation suivante [33] :

$$dq_t/dt = K_2(q_e - q_t)^2 \quad (\text{I.3})$$

Avec

K_2 : la constante de vitesse pour une cinétique du deuxième ordre en $(g \cdot mg^{-1} \cdot min^{-1})$.

En intégrant l'équation (I.4) pour les conditions aux limites $q_t = 0$ à $t = 0$ et $q_t = q_t$ à $t = t$ on trouve :

$$t/q_t = 1/(K_2 q_e^2) + (t/q_e) \quad (\text{I.4})$$

L'isotherme d'adsorption

Les isothermes d'adsorption se sont des courbes expérimentales qui représentent à température constante la quantité de produit adsorbée par masse d'adsorbant (q_e en mg/g) à la concentration restante en phase fluide après l'équilibre d'adsorption (C_e en g/L). Elles sont exprimées sous formes d'équations mathématiques, ces isothermes ont pour but de décrire le processus d'adsorption. Leur allure peut représenter certains phénomènes mis en jeu: adsorption monocouche ou multicouche, interaction latérale entre molécules ou non [34].

a. Classification des isothermes d'adsorption

Quatre classes principales des isothermes sont trouvés expérimentalement, on distingue: S (Sigmoide), L (Langmuir), H (Haut affinité) et C (partition constante). Les allures des isothermes d'adsorption selon la classification de Giles sont présentées sur la figure III.3 [35].

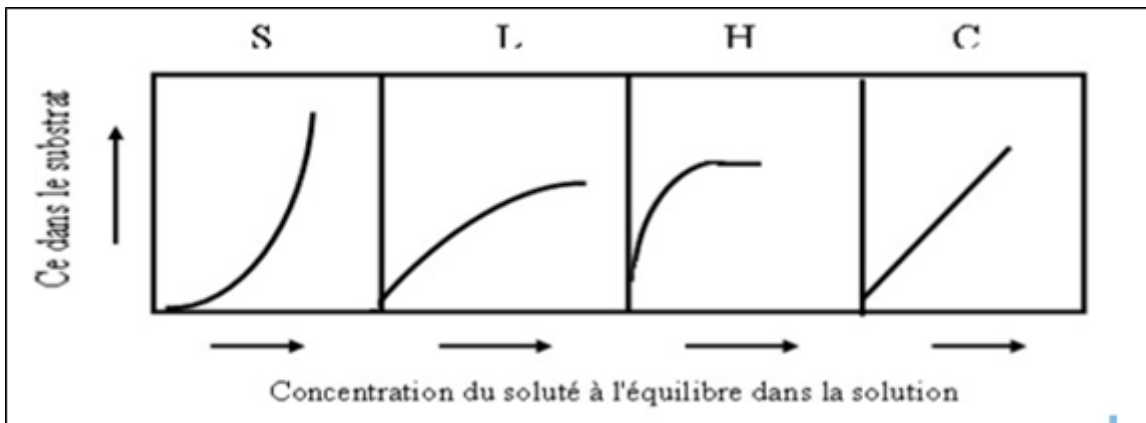


Figure I.3: Classification des isothermes d'adsorption selon Giles [36]

Cette classification tient compte entre autres d'un certain nombre d'hypothèses [37] :

- Le solvant s'adsorbe sur les mêmes sites que le soluté. Ceci implique l'existence d'une compétition d'adsorption entre le solvant et le soluté.
- Le nombre de sites susceptibles d'accueillir les molécules de soluté à la surface du solide diminue quand la quantité adsorbée augmente.
- L'orientation des molécules à la surface. On cite le cas où les molécules sont adsorbées verticalement ou horizontalement sur la surface.
- En fin, les interactions attractives ou répulsives entre les molécules adsorbées se manifestent d'une façon notable dans le phénomène d'adsorption.

b. Les Modèles de l'isotherme

Modèle de Freundlich

On utilise le modèle d'adsorption de Freundlich (1926) qui ne repose sur aucune théorie particulière dans le cas d'un adsorbant avec une surface d'adsorption hétérogène (sites d'adsorption énergétiquement différents). L'isotherme représentée selon le modèle de Freundlich peut convenir dans toutes les situations pour décrire l'adsorption en solution [38]. L'équation de Freundlich est donnée sous la forme:

$$q_e = K_F \cdot C_e^{1/n} \quad (\text{I.6})$$

D'où

K_F : Constante de Freundlich caractérisant le pouvoir adsorbant du solide ;

$1/n$: Constante de Freundlich caractérisant l'affinité du produit pour adsorbant

La forme linéaire de l'isotherme de Freundlich est généralement représentée par l'équation :

$$\text{Ln}(q_e) = \text{Ln}(K_F) + 1/n \text{Ln}(C_e) \quad (\text{I.7})$$

Modèles de Langmuir

Les hypothèses de ce modèle sont les suivantes [38]:

- Les sites d'adsorption sur la surface solide sont homogènes d'un point de vue
- Énergétique : on parle de surface d'adsorption homogène.
- Chacun de ces sites peut adsorber une seule molécule, et une seule couche de molécules peut se former.
- Chacun des sites a la même affinité pour les molécules en solution.
- Il n'y a pas d'interactions entre les molécules adsorbées.
- 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 mono-moléculaire

L'équation de Langmuir est donnée par la relation suivante [38]:

$$q_e = q_m (K_L \cdot C_e) / (1 + K_L C_e) \quad (\text{I.8})$$

La forme linéaire de l'équation de Langmuir

$$1/q_e = 1/q_m + 1/K_L q_m C_e \quad (\text{I.9})$$

D'où

K_L : la constante d'équilibre thermodynamique en relation avec l'énergie d'adsorption en (l/mg);

C_e : la concentration à l'équilibre dans la phase gazeuse ou liquide en (mg/l) ; **q_e** : la quantité adsorbée à l'équilibre en (mg/g).

Chapitre II

Matériel et Méthodes

Introduction

Ce chapitre présente les méthodes suivies et le matériel utilisé et la description des essais d'adsorption de la colorante vert d'aniline en fonction des paramètres opératoires à savoir: de la masse de l'adsorbant, le pH de solution, le temps de contact, la concentration initiale et la température.

Ce travail a été effectué au laboratoire de recherche Génie des Procédés et le laboratoire du département de génie des procédés de l'université de Laghouat.

Appareillage et réactifs

Appareillage

- ✓ Agitateur magnétique (AGIMATIC-N).
- ✓ Tamiseur électrique (SAYONA).
- ✓ Etuve (MEMMERT).
- ✓ Balance analytique de précision (SCALTEC) (**Annexe 1**).
- ✓ Bain agité (ST 30) (**Annexe 2**).
- ✓ Le pH-mètre (**Annexe 3**).
- ✓ Spectrophotomètre UV-visible (SECOMEM).
- ✓ Micropipette de volume variable 100-1000 μL (ORAGON LAB).

Verrerie




- ✓ Bêchers de capacité de 100, 150 et 250 mL.
- ✓ Flacons de capacité 120 mL
- ✓ Les barreaux magnétiques.
- ✓ Eprouvette de capacité de 50 et 100 mL.
- ✓ Les cuves.
- ✓ Fioles jaugés de capacité de 100 et 500 mL
- ✓ Papier filtre.
- ✓ Tube à essai de 5 ml avec support.
- ✓ Entonnoir.
- ✓ Embout.
- ✓ Spatule.

- ✓ Verre de montre.
- ✓ Pissette d'eau distillée.

Réactifs

Les produits chimiques utilisés dans cette étude sont reportés dans le tableau II.1.

Tableau II.1: Caractéristique des réactifs utilisés.

Désignation	Hydroxyde de sodium	Acide sulfurique	Vert d'aniline
Formule chimique	NaOH	H ₂ SO ₄	C ₂₃ H ₂₅ ClN ₂
Masse molaire	39.997 g/mol	98.08 g/mol	364.91 g/mol
Pureté	98 %	95 %	98%
Marque	Biochem	Sigma-Aldrich	Biochem
Etat physique			

Préparation des réactifs

a. Préparation de NaOH (0.1 M)

Pour préparer la solution on pèse 0.4 g de NaOH (M=39.99 g/mol, P = 98 %), On dissout cette quantité dans l'eau distillée dans une fiole jaugée de 100 mL et on ajoute l'eau distillée jusqu'à u trait de jauge Cette solution est employée pour ajuster le pH.

b. Préparation de H₂SO₄ (0.1 M)

Pour préparer cette solution on prend 0.30 mL de H₂SO₄ (M=98.08 g/mol, P = 95 %, d=1.84), On dissout cette quantité dans l'eau distillée dans une fiole jaugée de 100 mL et on ajoute l'eau distillée jusqu'au trait de jauge Cette solution est employée aussi pour ajuster le pH.

b. Préparation de VA

Nous pesons 1g de VA à l'aide d'une balance analytique, Cette quantité est dissoute dans l'eau distillée dans une fiole de 1000 mL, en ajoutant de l'eau distillée jusqu'à u trait de jauge. Cette solution a été agitée à l'aide un agitateur pendant 1h pour obtenir une solution homogène.



Figure II.1: La solution mère de l'adsorbat VA.

Préparation de l'adsorbant

Dans le cadre de ce mémoire de master, l'adsorbant choisi est un bio-adsorbant (déchet de palmier).

Le protocole de préparation du l'adsorbant est présenté par le schéma de la Figure II.2 qui comporte les 5 étapes suivantes [30] : Lavage, Filtration, Séchage, Broyage et Tamisage.

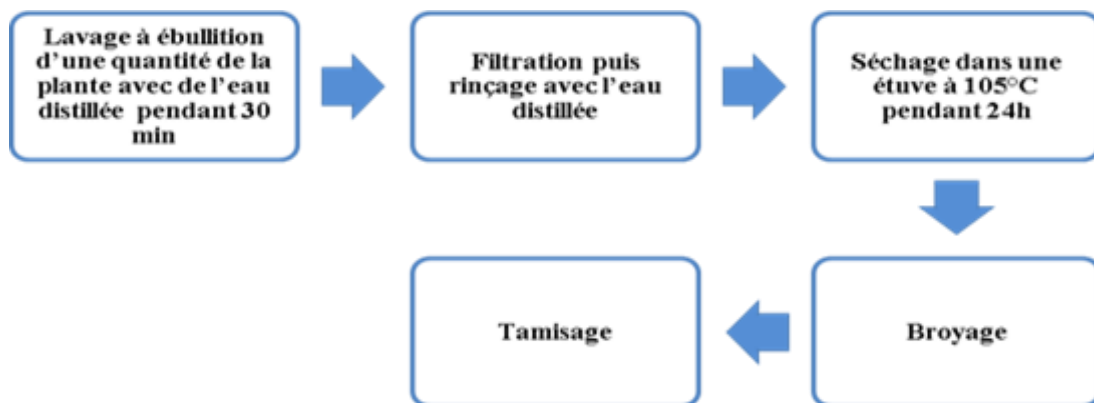


Figure II.2: Organigramme de la préparation de l'adsorbant.

Après ce prétraitement à travers ces étapes, on recueille l'adsorbant sous forme poudre montré par la Figure II.3.



Figure II.3: L'adsorbant palmier avant et après la préparation.

Technique d'analyse

La solution de Vert d'aniline a été dosée par spectrophotomètre UV-Visible (Figure II.4). La spectrophotométrie UV-Visible est une technique de dosage par absorption dans le domaine UV-Visible (400-800 nm), on mesure l'absorbance de cette solution à la longueur d'onde maximale ($\lambda_{\text{max}} = 617 \text{ nm}$).

L'absorbance mesurée est en relation avec la concentration de la solution selon la loi de Beer-Lambert (équation II.1) indiquant une proportionnalité entre ces deux paramètres [31]:

$$A = \log (I_0/I) = \epsilon L C \quad (\text{II.1})$$

Avec:

A: Absorbance de la solution;

I_0 : L'intensité de lumière transmise à travers le solvant pur.

I : L'intensité de cette longueur d'onde transmise à travers une solution de concentration.

ϵ : Le coefficient d'extinction molaire (L / mol.cm);

L: Trajet optique ;

C: Concentration de la solution de VA.



Figure II.4: Spectrophotométrie UV-Visible.

Essais d'adsorption

Les expériences d'adsorption ont été effectuées en système batch. Une série de flacons de capacité 120 mL, ont été utilisée pour réaliser ces différents essais.

Effet de la masse de l'adsorbant

On ajoute différentes masses de l'adsorbant : (0.01-1.5 g) à 10 flacons contenant 50 mL de solution de VA. Ces flacons sont mis sous agitation pendant 2h dans un bien à agitation en série, les échantillons recueil les sont filtrés puis analysés par UV-Visible.

Effet du pH

Pour déterminer le pH optimal de l'adsorption de VA par DP ,pour cela nous mettons 0.5 g de l'adsorbant dans chacune des 9 flacons puis nous ajoutons 50 mL de la solution du Vert d'aniline (100 mg/L) dans chaque flacon et nous ajustons le pH de ces mélanges respectivement à pH = 2, 3, 4, 5, 6 , 7, 8, 9 et 10 à l'aide des réactifs NaOH et H₂SO₄ [28]. (Annexe 5)

Le tout est mis sous agitation pendant 2 h puis les échantillons sont filtrés et enfin on procède à la lecture de l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible.

Effet de d temps de contact

Nous préparons 8 flacons, dans chaque flacon, on mélanger 0.5 g de l'adsorbant DP avec 100 mL de la solution de VA. On met les flacons sous agitation pendant respectivement 1- 180 min pour chaque flacon à part.

Une fois dépassé ce temps de contact, on arrête l'agitation puis on filtre chaque échantillon à part et on procède à la lecture par spectrophotomètre UV- Visible. Nous faisons la même procédure expérimentale pour chaque solution d'adsorbat VA pour les concentrations 25, 50 et 100 mg/L.

Effet de la concentration initiale

Afin d'étudier l'effet de concentration, on procède comme suit:
On prépare 4 flacons de différentes concentrations initiales de Vert d'aniline, puis on les mélange avec 0.5 g de l'adsorbant puis on expose ce mélange à une agitation pendant 60 min.

Effet de la température

Pour déterminer l'effet de la température sur l'adsorption de polluant, on pèse 0.5 g de l'adsorbant poudre de palmier et on ajoute 50 mL de VA. A l'aide d'un bain marie d'agitation, on maintient la température de la solution respectivement à 25, 35, 45 et 55°C pendant 60 min à une vitesse de 150 tr/min.

Chapitre III

Résultats et Discussion

Introduction

Ce chapitre présente et discute l'ensemble des résultats expérimentaux obtenus dans l'étude de l'adsorption du vert d'aniline (VA) sur un biomatériau absorbant issu du palmier. Où l'effet de paramètres physico-chimiques sur l'adsorption est examiné, la nature des isothermes d'adsorption et la cinétique d'adsorption est déterminée.

L'analyse par l'UV-Visible

L'étalonnage se fait par une méthode simple, qui consiste à préparer une série de solutions de concentrations bien déterminées de VA. Celles-ci sont, par la suite analysées par spectrophotométrie UV-visible. Nous établissons ainsi, pour quantifier l'adsorption de VA, la droite d'étalonnage représentant la densité optique D.O ou l'absorbance, au maximum langurs d'anode $\lambda = 617$ nm, en fonction de la concentration [39].

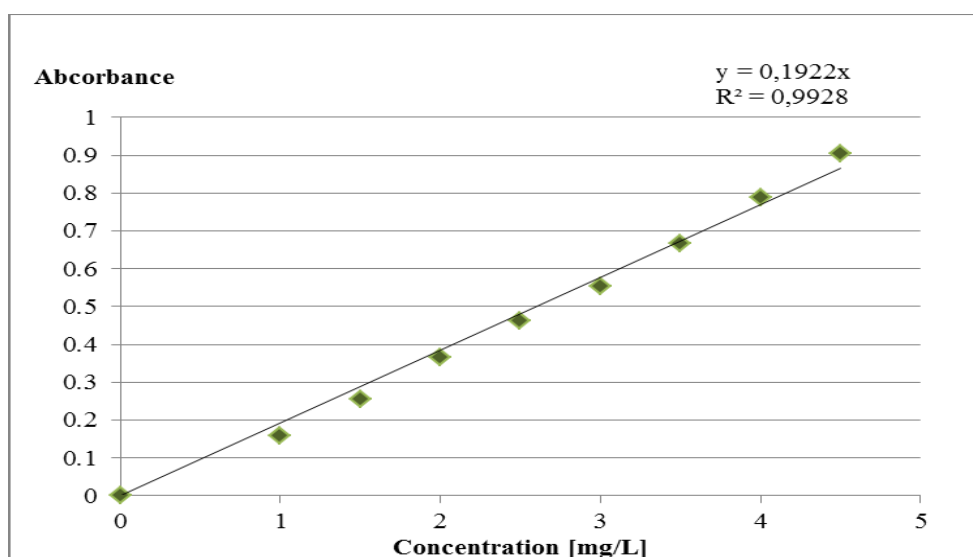


Figure III. 1 : Courbe d'étalonnage du VA à $\lambda_{\max} = 617$ nm

Quantité adsorbée :	$Q = (C_0 - C_R) * V / m$	Le Rendement :	$R\% = (C_0 - C_R) * 100 / C_0$
---------------------	---------------------------	----------------	---------------------------------

L'équation de la droite donnant l'absorbance en fonction des concentrations pour le vert d'aniline est $A = 0.1922 C$.

C : est la concentration, avec un coefficient de régression qui est égal à 0.9928 pour le colorant (vert d'aniline). Ces résultats sont considérés comme un bon ajustement linéaire, cet équation est utilisée pour calculer les concentrations des solutions de VA (C en mg/L).

Optimisation des paramètres opératoire

Dans la présente étude, nous nous sommes intéressés à l'étude de l'adsorption de vert d'aniline sur la plante (palmier), Afin d'optimiser le pouvoir d'adsorption de VA, différentes influences des paramètres opératoires ont été étudiées.

Influence de masse de l'adsorbant

La masse d'adsorbant parmi les facteurs cruciaux qui peut affecter le processus d'adsorption, dans cette étude nous examinant l'effet de la masse de palmier en poudre sur l'adsorption de VA (Figure III.2).

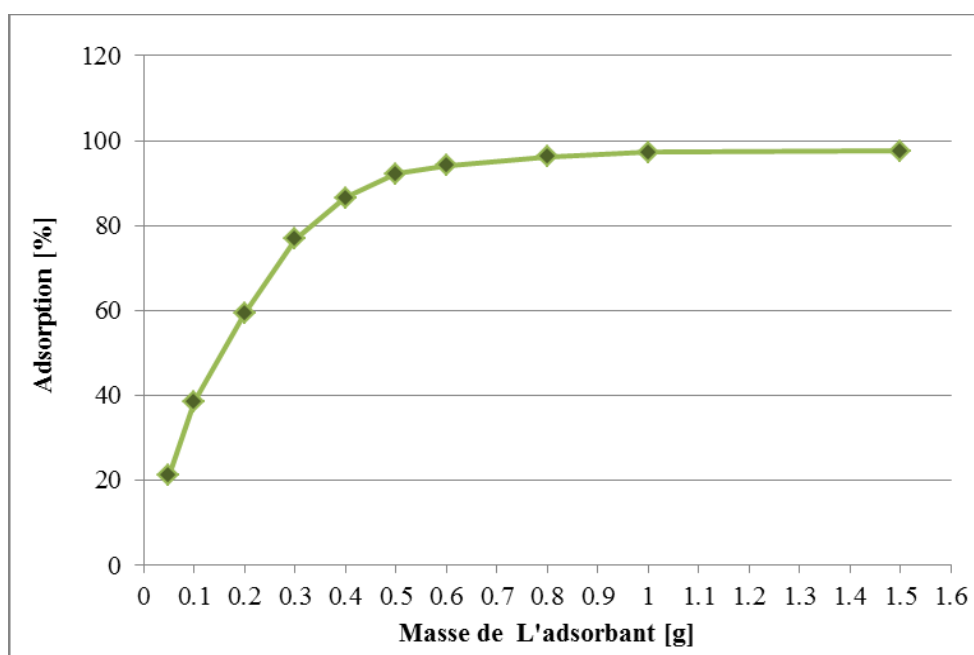


Figure III.2 : Influence du la masse de l'adsorbant sur l'adsorption du VA
[VA] = 100 mg/l, temps de contact = 120 min et T=25°C.

À partir de la figure III.2 on montre que le pourcentage d'élimination de colorant augmente lorsque la masse de l'adsorbant augmente, car l'augmentation de la masse de l'adsorbant augmente la surface adsorbée et donc le nombre des sites disponibles d'adsorption. Pour conséquence l'augmentation de la quantité de colorant adsorbé. Bien que le taux d'adsorption augmente avec l'augmentation de la dose d'adsorbant, la quantité maximale d'adsorbant est de 92.16 % pour VA à 0.5 g, puis bien que l'augmentation de masse n'affecte pas beaucoup le taux d'adsorption, il est donc pratique et économique de travailler avec des doses d'adsorbant de 0.5 gramme, éviter un surdosage est inefficace.

Influence de pH de solution

Le pH de la solution avoir un impact sur la charge de surface des adsorbants et les adsorbats, Ainsi, le pH peut influencer l'interaction électrostatique entre l'adsorbant et le colorant, ce qui peut à son tour affecter l'adsorption [40].

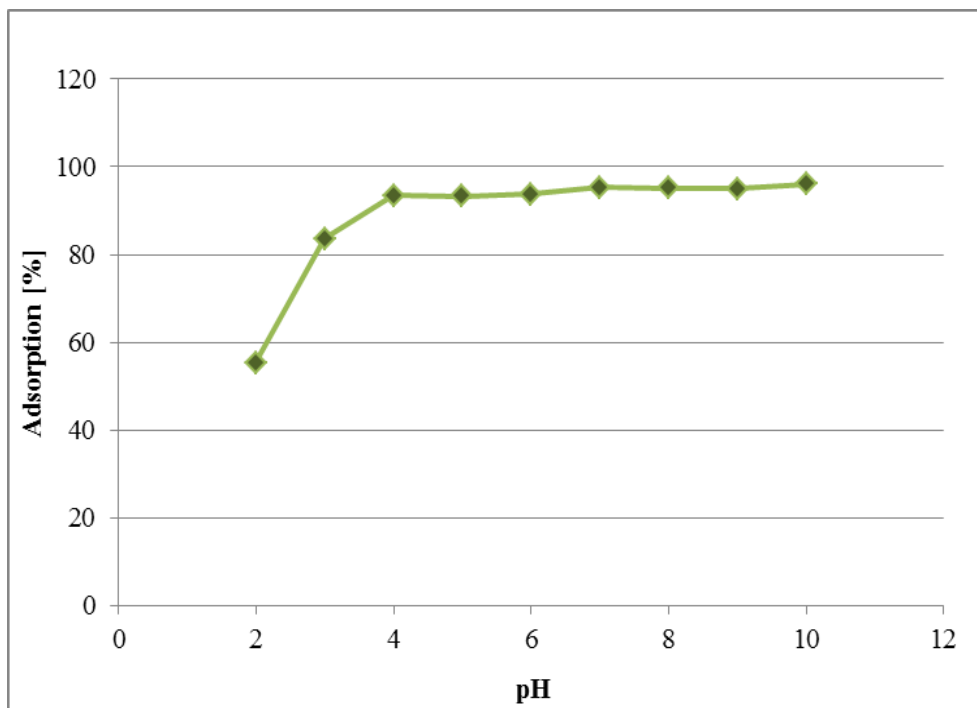


Figure III.3 : Influence du pH de la solution sur l'adsorption du VA
[VA] = 100 mg/l, temps de contact = 120 min, m = 0.5 g et T=25°C.

Les résultats (Figure III.3) obtenus montrent que le milieu basique est plus têt favorable à l'adsorption de VA sur la plante étudié que le milieu acide. Cela peut être dû au fait que l'ajout des protons H^+ , entraîne la neutralisation de la charge négative du plante, ce qui défavorise l'adsorption des colorants cationiques comme les cations de VA en milieu très acide et inversement la favorise en milieu basique [41].

Influence de temps de contact

L'adsorption a été étudiée en fonction du temps pour déterminer la quantité de colorant adsorbée à différents intervalles de temps, le temps d'équilibre est l'un des facteurs les plus importants de point de vue économique pour les systèmes de traitement des eaux pollués [42]. Nous avons représenté sur la Figure III.4, les résultats de l'étude cinétique de l'adsorption du VA sur les palmiers.

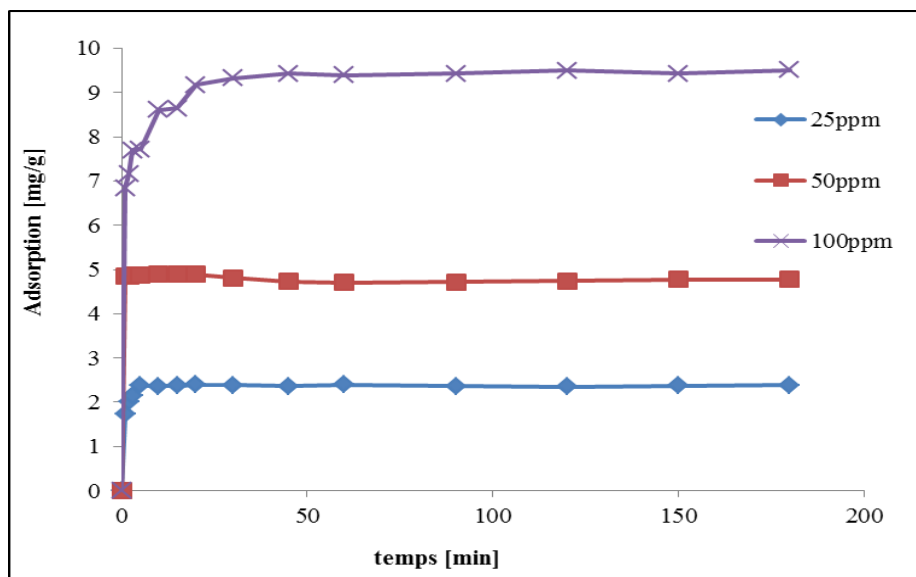


Figure III.4 : Influence du temps de contact sur l'adsorption du VA
 $m = 0.5$ g et $T=25^{\circ}\text{C}$.

D'après la figure, nous remarquons que l'équilibre de cette adsorption est atteint au bout de 15 minutes pour les trois concentrations (25, 50 et 100 mg/L). Cela indique une adsorption rapide au début du contact, ce qui peut s'expliquer par le fait qu'au début de l'adsorption, le nombre de sites actifs disponibles à la surface de l'adsorbant est beaucoup plus élevé que le nombre de sites restants après un certain temps (15 minutes). La quantité non adsorbée restante peut être interprétée comme la saturation de la surface de l'adsorbant, c'est-à-dire que tous les sites d'adsorption sont occupés [43].

III.3.4. Influence de concentration initiale

Il est important de connaître l'effet de la concentration initiale du colorant pour déterminer la concentration optimale pour l'étude d'adsorption.

L'étude de l'adsorption en fonction de la concentration initiale de VA qui présentée sur la figure III.5, Nous observons que l'augmentation de la concentration initiale entraîne une augmentation dans l'adsorption de VA, et montre que la quantité adsorbée du colorant est meilleure pour la forte concentration 100 mg/L [44].

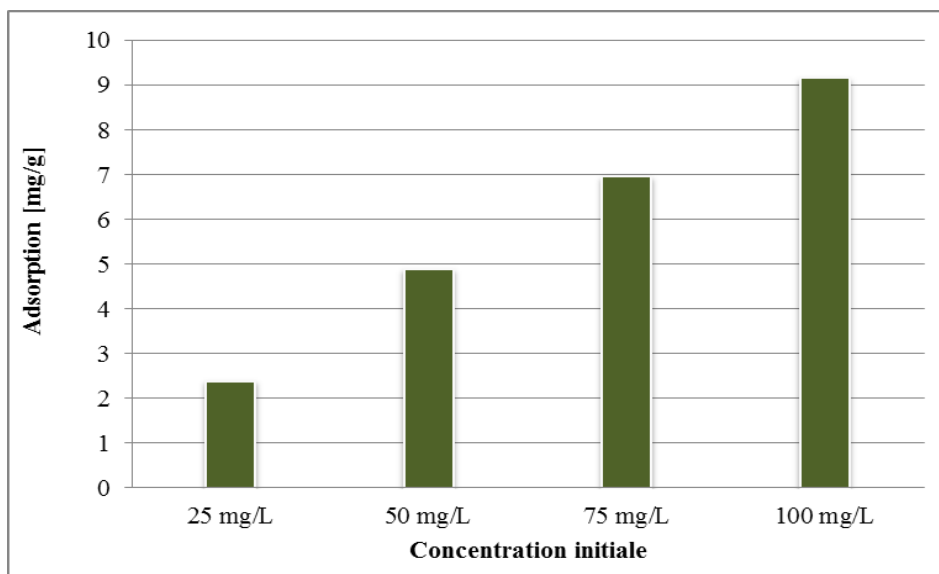


Figure III.5 : Influence de la concentration initiale sur l'adsorption du VA
 $m = 0.5 \text{ g}$ et $T=25^{\circ}\text{C}$.

III.3.5 Influence de température

La température peut affecter la solubilité de l'adsorbat et l'activité des sites adsorbants, et donc la cinétique et l'équilibre d'adsorption.

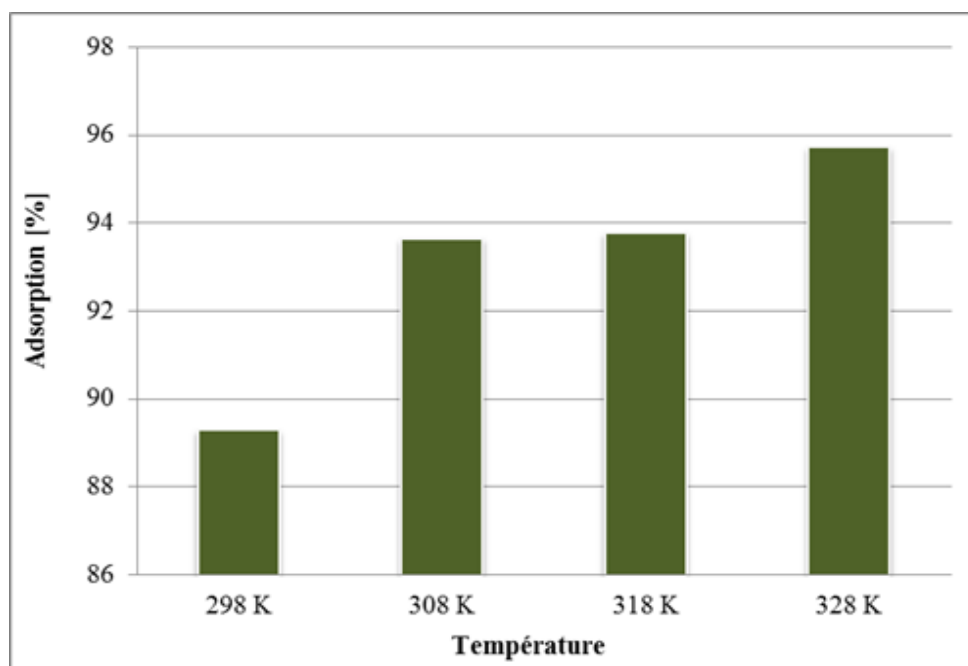


Figure III.6 : Influence de la Température sur l'adsorption du VA
 $[\text{VA}] = 100 \text{ mg/l}$, temps de contact = 60 min, $m=0.5 \text{ g}$.

D'après la figure III.6, nous remarquons que l'adsorption du VA est proportionnelle à la température, c.à.d. l'augmentation de la température du 298 vers 328 K implique une croissance de l'efficacité de l'adsorption (%) du 94.45 % jusqu'à 97.32%.

Étude isothermique

Les isothermes d'adsorption sont très utiles pour la compréhension du mécanisme d'adsorption [45]. En générale, les isothermes d'adsorption fournissent des informations sur l'amélioration des adsorbants, une description sur l'affinité et sur l'énergie de liaison entre l'adsorbat et l'adsorbant (existence des interactions latérales entre molécules ou non) et sur la capacité d'adsorption, L'isotherme permet aussi de donner des informations sur le mode d'adsorption (adsorption en monocouche ou en multicouches) [46].

Dans ce travail nous étudions le modèle de Langmuir et le modèle de Freundlich, Parce qu'ils sont deux modèles couramment utilisés pour décrire l'adsorption sur des surfaces solides. Où les hypothèses principales de chacun de ces modèles :

Modèle de Freundlich

Le modèle de Freundlich est basé sur les hypothèses suivantes [47]:

- L'adsorption se produit sur une surface hétérogène avec des sites d'adsorption de différentes affinités.
- Les sites d'adsorption sont indépendants les uns des autres.
- L'adsorption peut se produire avec plus d'une molécule d'adsorbat par site d'adsorption.
- L'énergie d'adsorption varie pour chaque site d'adsorption.
- Les interactions entre les molécules adsorbées sont prises en compte.
- Il n'y a pas de limitation de capacité à la surface de l'adsorbant.

La figure III.7 représente le tracé de $\ln(Q_e)$ en fonction de $\ln(C_e)$ suivant l'équation linière (I.7). Le tracé permet de déterminer K_F et $1/n$ (l'ordonnée à l'origine représente $\ln(K_F)$ et la pente ($1/n$)).

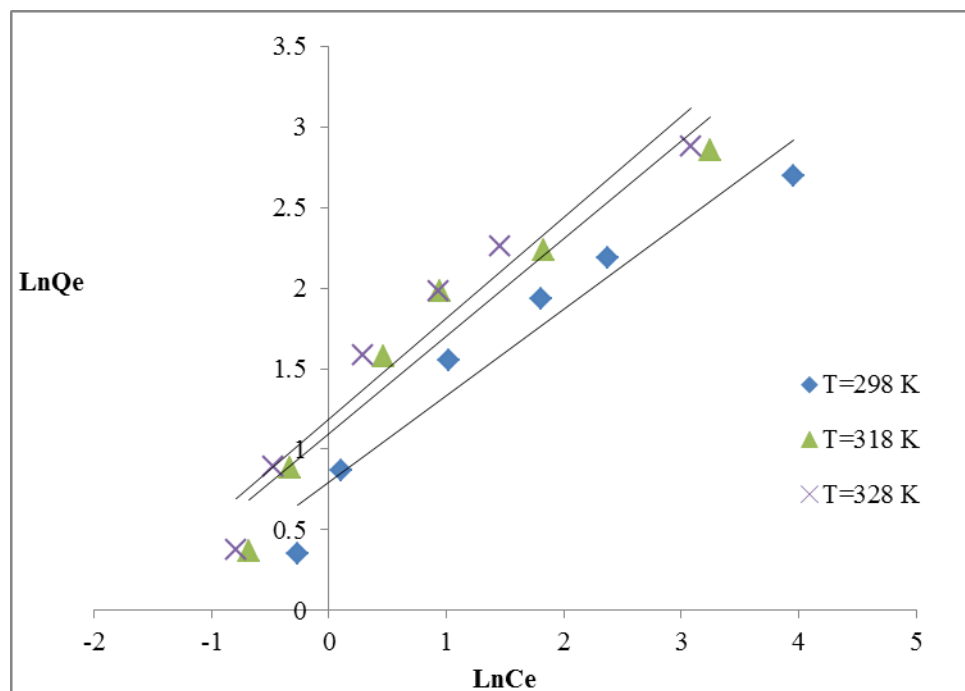


Figure III.7 : Linéarisation d'isotherme d'adsorption de VA Selon le modèle de Freundlich

L'application de la forme linéaire de Freundlich cité précédemment à permet de calculer les deux constantes K_F et $1/n$ pour le système VA-plante (tableau III.1).

Modèle de Langmuir

Le modèle de Langmuir est basé sur les hypothèses suivantes [48] :

- L'adsorption se produit sur une surface homogène avec des sites d'adsorption spécifiques.
- Les sites d'adsorption sont indépendants les uns des autres.
- Chaque site d'adsorption peut accueillir uniquement une seule molécule d'adsorbat.
- L'énergie d'adsorption est constante pour tous les sites d'adsorption.
- Aucune interaction entre les molécules adsorbées n'est prise en compte.
- La surface de l'adsorbant est considérée comme infiniment étendue et sans limitation de capacité

La figure suivante (III.7), présentent la droite de forme de la régression linéaire de Langmuir (I.8) en utilisant la plante pour l'adsorption de VA.

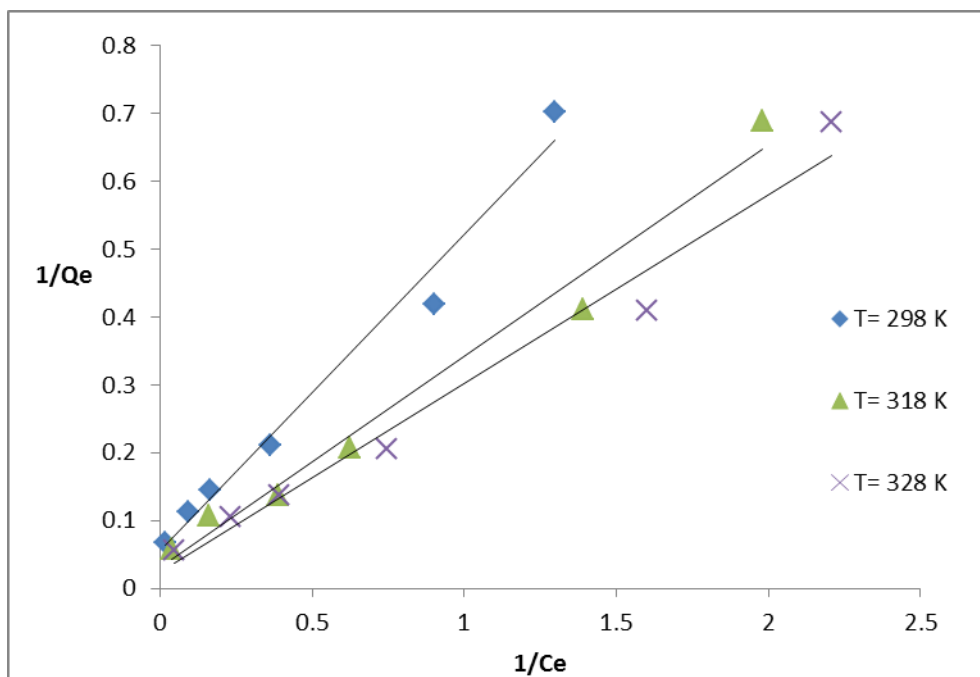


Figure III.8 : Linéarisation d'isotherme d'adsorption de VA
Selon le Modèle de Langmuir.

Les résultats de la modélisation isothermique d'adsorption du VA sont présentés dans le tableau suivant (III.1) :

Tableau III.1 : Les constantes de différentes isothermes d'adsorption de VA.

T (K)	Langmuir			Freundlich		
	q_{max} (mg/g)	K_L (L/mg)	R^2	$1/n$	K_F ($mg^{1-n} \cdot l^n \cdot g^{-1}$)	R^2
298	13.1926	0.19958	1	1.74672	2.3876	0.9830
318	16.5563	0.24179	0.9968	1.64015	3.2114	0.9741
328	21.5983	0.2055	0.9974	1.43143	3.5945	0.984

La modélisation des isothermes d'adsorption de système étudiée (VA-plante) par le modèle de Freundlich a permis d'aboutir à des valeurs de coefficient de corrélation (R^2) importantes (0.9830, 0.9741, et 0.984 aux températures 298, 318, et 328K, respectivement.).

Cependant, la comparaison de ces résultats avec les valeurs de corrélation des formes de régression linéaire de Langmuir, déduit que le modèle de Langmuir est plus adéquat pour la modélisation de l'adsorption de VA, avec une capacité d'adsorption maximale égale à 21.59 mg/g.

Étude cinétique

Il est très important de prédire la vitesse au quel le polluant est éliminé. Pour quantifier les changements de l'adsorption avec le temps et également pour évaluer les paramètres de la cinétique, deux modèles ont été appliqués : Modèle de pseudo-premier-ordre, modèle de pseudo-second-ordre. L'applicabilité et le degré d'adéquation des modèles théorique aux résultats expérimentaux ont été déterminés, en se basant sur les coefficients de corrélation R^2 (plus il est proche de 1 plus le modèle est convenable).

Les graphes de la linéarisation de modèle de pseudo- premier ordre, et de pseudo-second ordre pour toutes les concentrations initiales de VA (25 , 50 et 100) mg/l, sont représentés dans les figures III.9, III.10 :

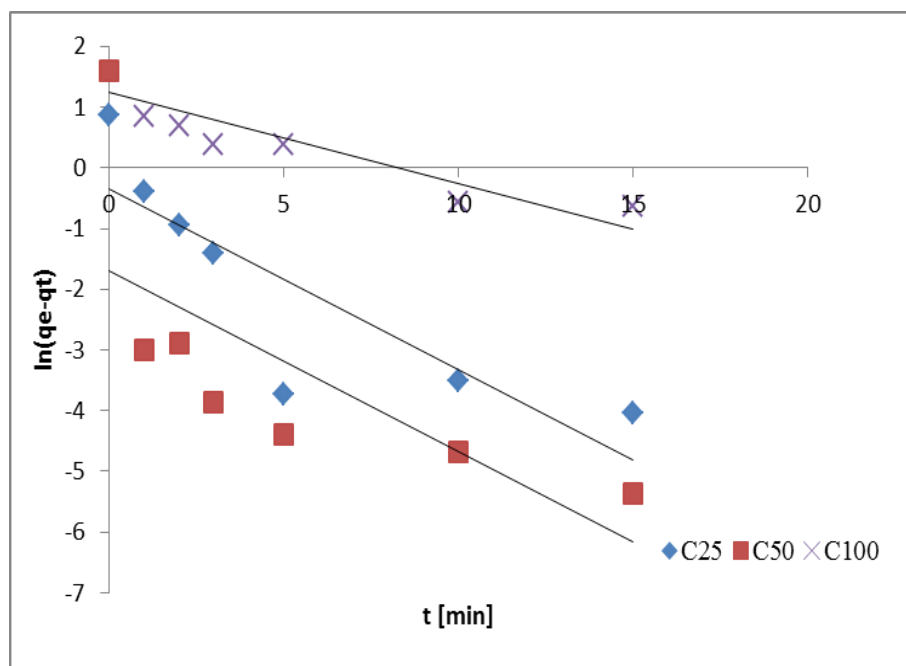


Figure III.9 : Cinétique d'adsorption de VA
(à l'aide d'un modèle de pseudo- premier ordre).

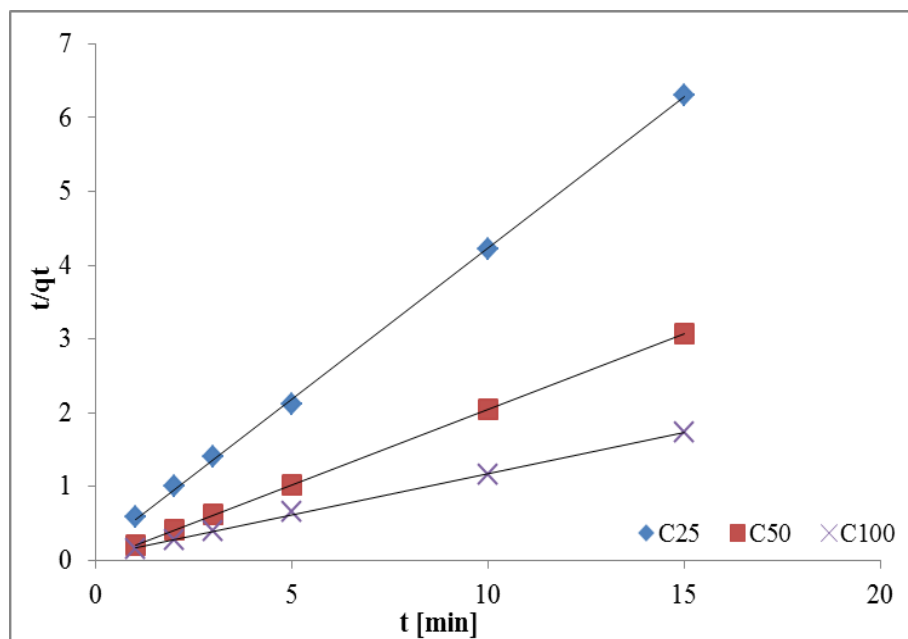


Figure III.10 : Cinétique d'adsorption de VA (à l'aide d'un modèle de pseudo-second ordre)

Tous les coefficients et les paramètres cinétiques de l'adsorption de VA, obtenus sont résumés dans le tableau III.2.

Tableau III.2 : Paramètres cinétiques d'adsorption de VA à 298 K

C_0 (mg/L)	Pseudo- premier ordre			Pseudo-second ordre		
	q_e (mg/g)	K_1 (g/min)	R^2	q_e (mg/g)	K_2 (g/mg min)	R^2
25	0.9979	-0.5469	0.7242	2.4806	0.97313	0.9991
50	1.0072	-0.635	0.9749	4.7259	0.60343	0.9996
100	4.9303	-0.4636	0.9222	8.9868	0.23792	0.9974

En comparant les résultats des deux modèles cinétiques, il est clair que, les coefficients de corrélation obtenus par le modèle de pseudo-second ordre le colorants VA (0.9974-0.9996) sont supérieurs à ceux obtenus avec le modèle de pseudo-premier ordre (0.7242-0.9749). On peut en déduire donc que le modèle de pseudo-second ordre est celui qui décrit mieux le processus d'adsorption de colorant VA.

L'analyse des données cinétiques par d'autres chercheurs a également montré que l'équation de la vitesse de pseudo-second-ordre permet de simuler avec un bon accord l'adsorption du VA [49].

De plus, Les constantes vitesses d'adsorption (K_2) diminuent lorsque la concentration de colorant augmente ceci revient à l'augmentation de la compétition sur les sites d'adsorption par contre la compétition diminue sur les sites actifs de l'adsorbant pour les faibles concentrations [50].

Étude comparative

Le tableau III.3 représente une comparaison de la quantité d'adsorption maximale (q_{max}) de Vert d'aniline sur un ensemble d'adsorbants pour évaluer l'efficacité de l'élimination de VA par les poudres de palmier.

Tableaux III.3 : Adsorption de VA sur les différentes adsorbants

Matériaux adsorbants	q_{max} (mg/g)	Isotherme	Références
Les poudres de Palmier	21.59	Langmuir	Cette étude
Zéolithe	44.642	Langmuir	[51]
Chitosane/argile biocomposite	1.927	Langmuir	[52]
Grains de citrouille	2.74	Langmuir	[53]
Charbon actif	0.887	Freundlich	[54]
Les billes d'alginate/charbon actif	0.804	Freundlich	[54]
Zéolithe	27.06	Freundlich	[55]

En comparant les résultats du tableau III.3, on constate que la quantité d'adsorption de obtenue de VA sur les poudres de palmier est suffisante par rapport aux autres adsorbants.

De plus, les poudres de palmier sont disponible localement au moindre coût et un biomatériau respectueux de l'environnement, qui atteint des objectifs environnementaux et économiques.

Conclusion générale

L'objectif de ce travail est d'étudier le processus d'adsorption pour l'élimination d'un colorant cationique (vert d'aniline). L'élimination de ce type de pollution permet d'obtenir une eau traitée de qualité telle qu'elle puisse être réutilisée pour un certain nombre d'applications. Cette technique est basée sur le procédé d'Adsorption en batch sur bio adsorbant (palmier), nous avons utilisé les feuilles de palmier broyé, pour éliminer le colorant de (VA).

L'étude de l'influence de certains paramètres opératoire influençant l'adsorption du VA sur notre bio adsorbant tels que le temps de contact, le pH de la solution, la masse du palmier, la concentration en colorant et la température, sur le rendement d'élimination du colorant (VA).

Cette étude montrée que:

- Pour le temps de contact sur l'adsorption du VA a une masse = 0.5 g et température ambiante, le rendement d'élimination du polluant est rapide les premier 15 minutes .
- Influence du pH de la solution sur l'adsorption du VA implique l'augmentation du rendement d'élimination jusqu' à pH=4 suivie par une stabilisation.
- L'augmentation de la concentration initiale du VA accompagnée une croissance de d'adsorption .
- Une amélioration du rendement d'élimination du VA avec l'augmentation de la température allant de 25 à 55 °C.
- Les résultats obtenus ont été adaptés aux modèles cinétiques, et aux isothermes d'adsorption. La modélisation des isothermes d'adsorption nous a permis de montrer que le modèle de Langmuir décrit parfaitement les résultats d'adsorption du colorant avec la quantité d'adsorption estimée par 21.59 mg/g. La cinétique d'adsorption a été bien décrite par un modèle de pseudo-second ordre.
- Une étude comparative de l'adsorption du colorant (VA) sur plusieurs biomatériaux dans des conditions physiques et chimiques similaires a prouvé que les résultats de l'adsorption du colorant par les poudres de palmier étaient satisfaisants.

Donc, on peut conclure que cette étude a démontré que les broyé des feuilles des palmiers peuvent être utilisés comme nouvel adsorbant pour le traitement des eaux contaminées par le colorant de VA.

Les résultats expérimentaux obtenus sont encourageants pour la poursuite de ce présent travail. Comme perspectives à réaliser dans le futur.

Références bibliographiques

- [1]: V.K.G. Suhas, Application of low-cost adsorbents for dye removal – A review. *Journal of Environmental Management*, 90, (2009), pp 2313-2342.
- [2]: E. Forgacs, T. Cserhati, G. Oros. Removal of synthetic dyes from wastewaters: a review. *Environ. Int.* 30, (2004), pp 953-971.
- [3]: H.S. Rai, M.S. Bhattacharyya, J. Singh, T.K. Bansal, P. Vats, U.C. Banerjee, Removal of dyes from the effluent of textile and dyestuff manufacturing industry: a review of emerging techniques with reference to biological treatment. *Crit. Rev. Env. Sci. Technol*, 35, (2005), pp 219-238.
- [4]: S.R. Abhashiyam, N. Anu, N. Selvaraju. Sequestration of dye from textile industry waste water using agricultural waste products as adsorbents. *J. of Envir. Chem. Engin*, 1, (2013), pp 629-641.
- [5]: K. Sehailia, F. Talbi, Étude d'adsorption du Rouge Congo en phase aqueuse sur les feuilles de palmier, Master, Université Kasdi Merbah Ouargla, (2019), pp 4-19.
- [6]: H. Belhadjit, O. Moumeni, Étude des performances épuratoires d'une station d'épuration des eaux usées de l'industrie textile, cas de la STEP de Sebdou, Master, université aboubaker belkaid Tlemcen, (2016), p 11.
- [7]: R. Baccar, M. Sarra, J. Bouzid, M. Feki, P. Blanquez. Removal of pharmaceutical compounds by activated carbon prepared from agricultural by-product. *J. Chem. Eng*, 211- 212 (2012), pp 310-317.
- [8]: B.H. Seghir, Élimination d'un colorant industriel en solution aqueuse par argile anionique de type hydrotalcite, Master, Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem, (2014), pp12.
- [9]: I.D. Mall, V.C. Srivastava, N.K. Agarwal, I.M. Mishra, Removal of congo red from aqueous solution by bagasse fly ash and activated carbon, kinetic study and equilibrium isotherm analyses. *Chemosphere*, 61, (2005), pp 492-501.
- [10]: J. Orcel, Les Méthodes Optiques, *Bulletin du Groupe français des Argiles* 3(1), (1951), pp 18-40.
- [11]: A. Nouh et al, Elimination d'un médicament le métronidazole par adsorption sur la polyaniline (Elimination of a medication the metronidazol by adsorption on the polyaniline), *J. Mater. Environ*, (2015), pp 1234-1242.
- [12]: A.G.S. Prado, L.L. Costa, Photocatalytic decoloration of green of aniline dye by application of TiO₂ nanotubes. *J. Hazard, Mater*, 169, (2009), pp 297-301.

- [13]: C. Guillard, E. Puzenat, H. Lachheb, A. Houas, J.M.Herrmann, Why inorganic salts decrease the TiO₂ photocatalytic efficiency, *Int. J. Photoenergy*, 7, (2005), pp 1-9.
- [14]: W.C. Anderson, S.B. Turnipseed, J.E. Roybal, Quantitative and confirmatory analyses of green aniline and leucoaniline green residues in fish and shrimp. *J. Agric Food Chem*, 28;54(13),(2006), pp 4517-23.
- [15]: H. Trabelsi, P. Atheba, G.K. Gbassi, M. Ksibi, Sunlight-activated photocatalysis of Aniline green using a TiO₂/cellulosic fiber, *Int. J. Hazardous Mater*, (2012), (1), pp 6-10.
- [16]: E. Neyens, J. Baeyens, M. Weemaes, J. Hazard, Pilot-scale peroxidation (H₂O₂) of sewage sludge, *Journal of Hazardous Materials*, 98, 1-3, (2003), pp91-106.
- [17]: S. Kadouche, Utilisation des biomatériaux dans le traitement des eaux, Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, (2013), pp18.
- [18]: A.H. Berger and A.S. Bhowan, Comparing physisorption and chemisorption solid sorbents for use separating CO₂ from flue gas using temperature swing adsorption, *Energy Procedia* 4 (2011), pp 562-567.
- [19]: N. Bougdah, Étude de l'adsorption de micropolluants organiques sur la bentonite, Mémoire Magister, Université de Skikda, (2007), pp17-18.
- [20]: M. Terce, R. Calvet, J.C. Mise au point Bibliographique. Adsorption des pesticides par les sols et leurs constituants. I: Description du Phenomene d'adsorption, A review, *Ann. Agron*, 31(1980), pp 385-427.
- [21]: R. Calvet, Behavior of pesticides in the unsaturated zone adsorption and transport phenomena, In: *Pollutants in Porous Media: The Unsaturated Zone Between Soil Surface and Groundwater*, Springer Berlin Heidelberg, (1984), pp 143-152.
- [22]: P. Jacques et Rondeau. Annette, Etude de quelques facteurs influençant l'adsorption de la gélatine a la surface des cristaux d'halogénure d'argent (II), *Journal de Chimie Physique*, (1971), vol (68), pp 1108-1112.
- [23]: N. Senesi, Y. Chen, N. Senesi, Y. Chen, In: Z. Gerstl, Y. Chen, U. Mingelgrin, B. Yaron, Editors, Springer-Verlag, Berlin, (1989), pp 37-90.
- [24]: A. Boukhenfir, Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption du colorant «vert brillant» sur une argile locale, Master, Université Larbi Ben M'hidi Oum-El-Bouaghi, (2020), pp 16-17.
- [25]: K. Tizaoui, Elimination des métaux lourds en solution aqueuse par des argiles algériennes, Magister, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, (2013), pp 22-23.

- [26]: J. G. Acker, O. P. Bricker, The influence of pH on biotite dissolution and alteration kinetics at low temperature, *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 56(8)(1992), pp 3073-3092.
- [27]: G. Limousin, J.P. Gaudet, L. Charlet, S. Szenknet, V. Barthèse, M. Krimissa, Sorption isotherms, a review on physical bases, modeling and measurement, *Applied Geochemistry*, 22(2)(2007), pp 249-275.
- [28]: K. Kaikake, K. Hoaki, H. Sunada, R.P. Dhakal, Y. Baba, Removal characteristics of metal ions using degreased coffee beans, Adsorption equilibrium of Cd(II), *Bioresource Technology*, 98(15)(2007), pp 2787-2791.
- [29]: O.P. Bansal, Adsorption and Desorption of Carbamate Pesticides by Montmorillonite and Humic Acid-Clay Complexes, *Journal of the Indian Society of Soil Science*, (2009), vol 57, no 3, p 287-290.
- [30]: Y. Onal, Investigation kinetics mechanisms of adsorption aniline green on to activated carbon, *Journal of Hazardous Materials*, 146(1-2), (2007), pp194-203.
- [31]: M. Mana, M.S. Ouali, L.C. de Menorval Removal of basic dyes from aqueous solutions with a treated spent Bleaching earth *Journal of Colloid and Interface Science*, 307(2007), pp 9-16.
- [32]: G. Rivard, Cinétique d'adsorption des contaminants de l'eau blanche sur les fines, paris (2011), pp51-52.
- [33]: H. Aksas, Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des métaux lourds par l'utilisation des adsorbants naturels, Thèse de doctorat, Université de Boumerdes, (2013), pp 38-39.
- [34]: Y. S. HO et G. Mckay, Kinetic model for lead (II) sorption on to peat, *Adsorption science and technology*, 16, 4(1998), pp 243-255.
- [35]: N. Bounaidja, Enlèvement d'un colorant cationique à partir de solutions aqueuses par un matériau sorbant non conventionnel et à faible coût, Master, Université badji mokhtar-Annaba, (2018), pp 35.
- [36]: N. Boualla, A. Benziane, Etude expérimentale sur l'élimination des nitrates par adsorption sur des argiles activées et non activées de la sebkha d'Oran, *Afrique science* 07(2) (2011), pp 56-73.
- [37]: C. H. Gilesn, D. A. Smith, general treatment and classification of the solute adsorption isotherm I, *Theor J. Colloid Interf. Sci.* 47(1974), pp 755–765.

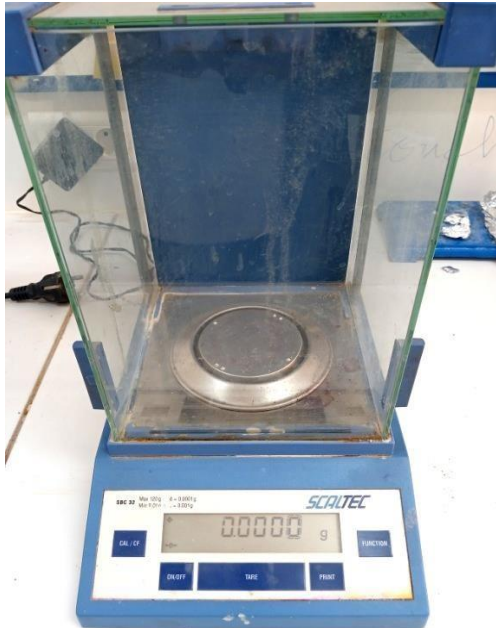
- [38]: H.F. Lin, R. Ravikrishna, K.T. Valsaraj, Reusable adsorbents for dilute solution separation. Batch and continuous reactors for the adsorption and degradation of 1, 2-dichlorobenzene from dilute wastewater streams using titania as a photocatalyst. *Separation and Purification technology*, 28(2), (2002), pp 87-102.
- [39]: A. Ala, Étude de l'élimination de l'éthyle violet par adsorption sur la Kaolinite et le charbon actif et par des méthodes photochimiques en milieu aqueux, magister, Université Mentouri- Constantine, (2009), p 49.
- [40]: H. De. Jonge, and Lis. D. J. Wollesen, Influence of pH and solution composition on the sorption of glyphosate and prochloraz to a sandy loam soil, *Chemosphere* 39(5), (1999), pp 753-763.
- [41]: R. Kamel, B. Sarra and S. Hadnine, Adsorption of methylene blue from aqueous solution by kaolin and zeolite, *Applied Clay Science* 83 (2013), pp 99-105.
- [42]: G. Cathalifaud, J. Ayele, M. Mazet, Adsorption de molécules organiques sur charbon actif en poudre: Influence des ions aluminium, *Environmental technology* 14(5), (1993), pp 443-451.
- [43]: G. Mimanne, et al, Étude de l'Adsorption des Métaux Lourds (Pb et Cd) en Solution Aqueuse sur Charbon Actif et Montmorillonite Sodée de l'Ouest Algérien (Study of the Adsorption of Heavy Metals (Pb and Cd) in Aqueous Solution on Activated Carbon and Sodium Montmorillonite from Western Algeria), *J Mater. Environ. Sci.* 5(4), (2014), pp 1298-1307.
- [44]: M. Bagane et S. Guiza, Élimination d'un colorant des effluents de l'industrie textile par adsorption, In : *Annales de Chimie Science des Matériaux*, No longer published by Elsevier, (2000), pp 615-625.
- [45]: K.N. Aboua, D.B. Soro, M. Diarra, K. DIBI, K.R.N. Guettia, K.S. Traore, Étude de l'adsorption du colorant orange de méthyle sur charbons actifs en milieu aqueux: influence de la concentration de l'agent chimique d'activation, *Afrique science*, 14(6), (2018), pp 322-331.
- [46]: F. Sakr, Étude de l'adsorption du Bleu de Méthylène sur un biomatériau à base de Cactus, Adsorption study of Methylene Blue on biomaterial using cactus, *Journal of materials and Environmental Science* 6(2)(2015), pp 397-406.
- [47]: J. Appel, Freundlich's adsorption isotherm, *Surface Science*, 39(1), (1973), pp 237-244.
- [48]: K.M. Kifuani, A.K.K. Mayeko, P.N. Vesituluta, Adsorption d'un colorant basique Bleu de Méthylène en solution aqueuse sur un bioadsorbant issu de déchets agricoles de

- Cucumeropsismannii Naudin, International Journal of Biological and Chemical Sciences 12(1), (2018), pp 558-575.
- [49]: M.J. Ahmed, S.K. Dhedan, Equilibrium isotherms and kinetics modeling of methylene blue adsorption on agricultural wastes-based activated carbons, Fluid Phase Equilibria, 317, (2012), pp 9-14.
- [50]: S. Dawood, T.K. Sen, Removal of anionic dye congo red from aqueous solution by rawpine and acid- treated pine cone powder as adsorbent, Equilibrium thermodynamic kinetics mechanism and process design, Water Research 46 (6), (2012), pp 1933-1946.
- [51]: A. Bourahla, A. Tamazighth, Elimination de deux colorants cationiques Bleu de Méthylène et Vert d'aniline par une Zéolithe du type 4A, master, Université A.M. Oulhadj, Bouira, (2018), pp 64.
- [52]: Y. Bengaid, L'adsorption du bleu de méthylène et vert d'aniline avec filmchitosane /argile biocomposite (Argile brute), Master, Université de Ghardaïa, (2021), p 55.
- [53] :C. Y. Guesmia, étude de la cinétique de l'adsorption du vert de aniline sur un adsorbant à base de grains de citrouille, Master, Université Badji Mokhtar Annaba, (2017), pp 52.
- [54]: K. Bazine et B. Achour, Elimination de composés phénoliques et vert d'aniline par adsorption sur des billes d'alginate/ charbon actif, Master, Université de Ghardaïa, (2021), pp 86.
- [55]: P. Liu, Adsorption mechanism of high-concentration ammonium by Chinese natural zeolite with experimental optimization and theoretical computation, Water, 14(15), (2022), p 2413.

Annexes

Annexes

Annexe 01



Annexe 02



Annexe 03



Annexe 04



عنوان المذكرة: المساهمة في دراسة امتزاز الأنيلين الأخضر بواسطة ممتز محلي

المؤطر: د. بوداود اسماء
مساعدة المؤطر: د. شيبه سميرة

الاسم: عبد الوادر

اللقب: قرباص

ملخص: تمت دراسة امتزاز الصبغة الأنيلين الأخضر على المادة الماصة الحيوية للبيجول. نعرف على المزيد حول الآليات الامتزاز، أجريت تجارب لتحديد المعلمات التي تؤثر على الامتزاز مثل الأس الهيدروجيني، كفاءة الممتز، التركيز الأولي، ودرجة الحرارة. تم نمذجة النتائج التجريبية التي تم الحصول عليها باستخدام النماذج الحركية والمساوية الألكثر شيو. أظهرت النتائج أن الامتزاز كان متناسلاً مع نموذج الدرجة الثانية الزائفة ومتساويات التجمويز مع أقصى قدر من الامتصاص يبلغ 95.12 مجم من الصبغة الخضراء الأنيلين لكل جرام من مادة المتصاص.

كلمات مفتاحية: امتزاز، تلوين، حركة، الآليات، متساوي الحرارة..

Memory title: Contribution to the study of the adsorption of green aniline on a local adsorbent.

Name: Guerbas First name: Abdel Kader

Directed by: Dr Boudaoud Asma

Co-Directed by: M^{lle} CHEBBA Samira

Abstract: The adsorption of green aniline dye on the bio-adsorbent material of palm was studied. Learn more about the mechanisms of adsorption, Experiments were carried out to determine the parameters that affect adsorption, such as pH, adsorbent mass, initial concentration, and temperature. The experimental results obtained were modeled using commonly used kinetic and equilibrium models. The results showed that the adsorption was consistent with a pseudo-second-order model and Langmuir isotherms with a maximum adsorption capacity of 21.59 mg of green aniline dye per gram of adsorbent material.

Key words: Adsorption, Pollution, Kinetics, Mechanisms, and Isotherm.

Titre du mémoire : Contribution à l'étude de l'adsorption du vert d'aniline par un adsorbant local

Nom : Guerbas Prénom : Abdel Kader

Encadreur : Dr BOUDAUD Asma

Co-Encadreur : M^{lle} CHEBBA Samira

Résumé: L'adsorption du colorant vert d'aniline sur le biosorbant de palme a été étudiée. En savoir plus sur les mécanismes d'adsorption, des expériences ont été menées pour déterminer les paramètres affectant l'adsorption tels que le pH, la masse d'adsorbant, la concentration initiale et la température. Les résultats expérimentaux obtenus ont été modélisés à l'aide des modèles cinématiques et isothermes les plus courants. Les résultats ont montré que l'adsorption était cohérente avec le modèle de pseudo second ordre et les isoquants de Langmuir avec une adsorption maximale de 21,59 mg de vert d'aniline par gramme d'adsorbant.

Mots clés : Adsorption, Pollution, Cinétique, Mécanismes, Isotherme.