REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
UNIVERSITE YAHIA FARES DE MEDEA ET
DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



Faculté de Technologie

MEMOIRE de fin d'étude de Master

Filière : Génie des procédés

Spécialité : Génie chimique

Thème

Dépollution d'eau chargée en produit pharmaceutique par une biomasse morte

---

Proposé et dirigé par
Dr YOUS.R
Pr CHERIFI. H

Présenté par
SALEH Esam ahmed ahmed ali
TOUZOUT Feriel

Promotion 2021

Remerciements

Tout travail de recherche n'est jamais totalement l'œuvre d'une seule personne, car il met en jeu la participation et l'aide de plusieurs personnes et organismes.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et sincère reconnaissance ainsi que mes vifs remerciements :

À Allah tout puissant pour m'avoir donné la force et la patience pour mener ce travail jusqu'au bout.

- À mon promoteur doctorat Mme CHERIFI .H qui m'a permis de préparer ce travail dans les meilleures conditions. je la remercie aussi pour la confiance qu'elle m'a accordée et surtout pour ses compétences scientifiques et sa rigueur qui m'ont permis de mener à bien cette étude.
- À ma Co-promotrice Mme YOUSE.R et Mme KHALADI qui a fourni beaucoup d'efforts et qui m'a vraiment soutenue par ses précieux conseils et encouragements durant de long .

Je tiens à elle exprimer ma profonde gratitude pour son aide et pour sa Disponibilité permanente.

- À Mme RACHIDA la responsable de laboratoire chimie 3 en halle technologie et tous les membres du laboratoire (halle technologie) pour leurs aides et leurs orientations.
- À tous ceux qui ont contribué de prêt ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicace

J’adresse mon infinie reconnaissance à toute ma famille :

À mon très cher père, à ma chère mère, Très facile pour moi de ne pas oublier les encouragements, les soutiens, les conseils, l’ouverture d’esprit, la disponibilité . . . l’amour de mes parents. Mais très difficile pour moi de leur rendre ne serait-ce qu’une infime partie de leurs efforts, aussi je souhaiterais qu’ils soient fières de son fis et par la même apprécier le fruit de leur dur labeur, le fruit de leur éducation. Vous m’avez aidée à me construire dans mon quotidien,

- À mes chères sœur KHOLOUD, OUMNIYAT, BOUDOUR, et GHARAME.
- À mes deux frères MOETASIME et MOHAMED.
- À toute ma famille, et la famille ELNIHAMI(ABD RAHMAN,ABAS et YAHIYA) à mes cousin(e)s, mes tantes (YOUNES,MOHAMED et ALI….) et mes oncles.
- À tout mes ami(e)s (ALI Thawr ,MOHAMED Hachim, ALAAFIRI Ismail, CHAWAFI Mohamed, Dr.Mujammal, HOTAMI Salim, ACHRAF, ALHAWANI Ahmed, AABAL Salim)

Essam

Dédicace



En témoignage d'affection, d'amour et de grande reconnaissance, aux êtres les plus chers que j'ai dans la vie, qui ont toujours été à mes côtés et qui m'ont soutenu pendant les moments difficiles et je prie Dieu le tout puissant de les protéger et de leur accorder une longue vie.

…Mes parents

À ma chères sœur IMEN

À mes deux frères MOHAMED ISLAM et ABDE ELMALEK

À toute ma famille, mes cousin(e)s, mes tantes et mes oncles

À mes enseignants et mes ami(e)s d'étude(meriem ,samira,kaouthar,kamilia,manel…..)

À mes copine de chambre(hasiba,hajer et hadjira)

À tous ceux que j'aime dans le monde

Feriel

ملخص الهدف من هذا

العمل هو استخدام الكتلة الحيوية كممتز لإزالة تلوث المياه المحملة بمنتج صيدلاني. هذه الكتلة الحيوية هي نفايات صناعية مهجورة في الطبيعة، وتستخدم كسماد في الزراعة. يوضح الوصف الفيزيائي الكيميائي والأشعة تحت الحمراء أن سطح مادة الامتصاص لديها شحنة سالبة. بالإضافة إلى ذلك، استخدمنا الميثيلين الأزرق كملوث صيدلاني. أجريت الدراسة التجريبية على نظام أحادي التكوين لتراكيز أولية مختلفة من الممز، وأظهرت النتائج الحركية أقصى امتصاص عند 57.80 مجم / جم بعد 150 دقيقة من التلامس. يعد نموذج الحركة من الدرجة الثانية هو الأنسب لوصف حركية النظام المدروس.

الكلمات المفتاحية: الامتزاز، النماذج الحركية، الكتلة الحيوية، المياه الملوثة.

Résumé :

L'objectif de ce travail est l'utilisation d'une biomasse comme un adsorbant pour la dépollution de l'eau chargé en produit pharmaceutique. Cette biomasse est un rejet industriel abandonné dans la nature, et utilisé comme engrais dans l'agriculture.La caractérisation physico-chimique et de l'infrarouge montre que la surface de cet adsorbant à une charges négatives. De plus nous avons utilisé le bleu de méthylène comme un rejet pharmaceutique. L'étudeexpérimentale a été effectuésur un système monoconstitué pourdifférentes concentrations initiales de l'adsorbat, les résultats de la cinétique montrent un maximum d'adsorption à 57,80 mg /g après 150 min decontact. Le modèle du pseudo-second ordre est le plus adapté pour décrire la cinétique du système étudié.

Mots clés :adsorption, modèles cinétiques, biomasse, eaux polluées.

Abstract:

The objective of this work is the use of a biomass as an adsorbent for the depollution of water loaded with pharmaceutical product. This biomass is an industrial waste abandoned in nature, and used as fertilizer in agriculture. Physicochemical and infrared characterization shows that the surface of this adsorbent has a negative charge. In addition, we have used methylene blue as a pharmaceutical reject. The experimental study was carried out on a monconstituted system for different initial concentrations of adsorbate, the kinetics results show a maximum adsorption at 57.80 mg / g after 150 min of contact. The pseudo-second order model is the most suitable for describing the kinetics of the system studied**.**

Keywords: adsorption, kinetic models, biomass, polluted water.

Sommaire

Table des Matières

Liste des Figures

Liste des Tableaux

Introduction Générale……..…...1

1. Etude Bibliographique

Chapitre I : la pollution des eaux

1 INTRODUCTION .....**Erreur ! Signet non défini.**

I .1 Définition de la pollution…….**Erreur ! Signet non défini.**

I.2 Les sources de la pollution……..……..**Erreur ! Signet non défini.**

I.2.1 Source urbaine .....**Erreur ! Signet non défini.**

I.2.2 Source industrielle .....**Erreur ! Signet non défini.**

I.2.3 Source agricole.....**Erreur ! Signet non défini.**

I.2.4 Source naturelle .....**Erreur ! Signet non défini.**

I.2.5 Source microbiologique .....**Erreur ! Signet non défini.**

I .3 Les types de pollution……...…..**Erreur ! Signet non défini.**

1.3.1 La pollution des eaux par les substances pharmaceutiques**Erreur ! Signet non défini.**

I.3.2 Les colorants 7

I.3.3 La toxicité des colorants 7

1.3.4 L'utilisation des colorants 7

I.3.5 L'impact des rejets textiles sur l'environnement .....**Erreur ! Signet non défini.**

I.3.6 Classification des colorants.....**Erreur ! Signet non défini.**

I.3.7 Le bleu de méthylène ..... ……....8

I .4 Normes algériennes des paramètres de rejet des effluents liquides industriels…….**Erreur ! Signet non défini.**

I.5 Les techniques de traitement de la pollution d'eau usée……..…….10

conclusion……11

Chapitre II : Généralités sur l'Adsorption

I INTRODUCTION…….……**Erreur ! Signet non défini.**

II Types d'adsorption.…….**Erreur ! Signet non défini.**

II.1 Adsorption physique (physisorption)…… ……**Erreur ! Signet non défini.**

II.2 Adsorption chimique..……**Erreur ! Signet non défini.**

II.3 Paramètres influençant de l'adsorption……..…….**Erreur ! Signet non défini.**

II.3.1. Structure de l'adsorbant……..……**Erreur ! Signet non défini.**

II.3.2 Influence de l'adsorbat…….……**Erreur ! Signet non défini.**

II.3.3 Influence du Ph…...……..**Erreur ! Signet non défini.**

II.3.4 Influence de la température…….…….**Erreur ! Signet non défini.**

II.3.5. Polarité……...….**Erreur ! Signet non défini.**

4 Modélisation des isothermes d'adsorption……..**Erreur ! Signet non défini.**

II.4.1 Modèle de Langmuir….. ..... ……..**Erreur ! Signet non défini.**

II.4.2 Modèle de Freundlich ..... **Erreur ! Signet non défini.**

III. Cinétiques d'adsorption ..... **Erreur ! Signet non défini.**

III.1 Le modèle de Lagergren (modèle pseudo-premier ordre)…….…… ….**Erreur ! Signet non défini.**

III.2 Le modèle pseudo-deuxième-cinétique ordre……..…….……..**Erreur ! Signet non défini.**

IV. Classification des isothermes : ..... **Erreur ! Signet non défini.**

V. Application de l'adsorption ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Conclusion…….…….19

Chapitre* III *: Matériels et Méthodes

INTRODUCTION 20

III.1. Matériel……...….20

III.1.1. Solutions et produits utilisés 20

III.1.2. Petit matériel…….20

III.1.3. Appareillage 20

III.2Préparation de l'échantillon (la biomasse):……. …….……21

III.2.1 Lavage et broyage 21

III.2.2 Etude granulométrique :…… ……..……22

III.3. Caractérisation physico-chimique de la biomasse utilisé……...…….**Erreur ! Signet non défini.**

III.3.1 Mesure d'humidité H (%)……..**Erreur ! Signet non défini.**

III.3.2 Masse volumique apparente :……..……**Erreur ! Signet non défini.**

III.3.3Masse volumique réelle :.....**Erreur ! Signet non défini.**

III.3.4 Mesure de la surface spécifique par unité de masse des particules : **Erreur ! Signet non défini.**

III.3.5 La surface spécifique par unité de volume de la solution :**Erreur ! Signet non défini.**

III.3.6Conductivité électrique .....**Erreur ! Signet non défini.**

III.3.6 pH zéro : .....**Erreur ! Signet non défini.**

III.4 Caractérisation structurale par spectroscopie infrarouge (IRTF) : . **Erreur ! Signet non défini.**

III. 5 Courbe d'étalonnage du bleu de méthylène .....**Erreur ! Signet non défini.**

III.6 Protocole expérimental……..……..**Erreur ! Signet non défini.**

conclusion……..…….28

Chapitre IV : résultats et discussion

INTRODUCTION..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.1 CARACTERISATIONS DE LA BIOMASSE PREPARES ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.1.1 La granulométrie..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.2 Caractérisation physico chimique de la biomasse..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.3 Caractérisation infrarouge(IR)..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.4 Courbe d'étalonnage ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.5 Détermination du temps d'équilibre ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.6 Modélisation de la cinétique d'adsorption..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.6.1 Modèle dupseudo-premier ordre..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV.6.2 Modèle du pseudo-second ordre ..... **Erreur ! Signet non défini.**

IV. 6.3 Model d'Elovich ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Conclusion..... **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des Figures

Chapitre I : la pollution des eaux

Figure I 1. Sources d'introduction de résidus de produit pharmaceutique.....6

Figure I 2: Voies de contamination des milieux aquatiques par les substances **Erreur ! Signet non défini.**

Figure I.3 : Structure chimique du bleu de méthylène .....**Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre II : Généralités sur l'Adsorption

Figure II.1. Types d'adsorption 13

Figure II.2 : Classification des isothermes .....**Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre* III *: Matériels et Méthodes

Figure (III.1) : Etapes de préparation de la biomasse.....21

figure (III.2).La biomasse.....22

figure (III.3).La biomasse après lavage (mouiller).....22

figure (III.4).l'étuve à 105 °C.....22

figure (III.5).La biomasse après séchage et broyage .....**Erreur ! Signet non défini.**

figure (III.6).Tamiseuse de type RETSCH.....**Erreur ! Signet non défini.**

figure (III.7).Produit fini.....**Erreur ! Signet non défini.**

figure (III.8). : infra rouge de type(SHIMADZU. FTIR-8400).....**Erreur ! Signet non défini.**

figure (III.9).La solution mer de BM.....**Erreur ! Signet non défini.**

figure (III.10). les solutions fille……..……..26

figure (III.11).La solution sur l'agitateur.....**Erreur ! Signet non défini.**

figure (III.12).La filtration.....**Erreur ! Signet non défini.**

figure (III.13).La solution après la filtration et la dilution. .....**Erreur ! Signet non défini.**

Chapitre IV : résultats et discussion

Figure IV.1 Distribution granulométrtrique des particules de la biomasse.... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.2Représentation de la courbe pH_{Zero} ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.3Spectre IRTF de la biomasse après l'adsorption de l'essai N°1 ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.4. Spectre IRTF de la biomasse après l'adsorption de l'essai N°2 ... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.5Spectre IRTF de la biomasse après l'adsorption de l'essai N°3 ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.6 Spectre IRTF de la biomasse brut ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.7 : courbe d'étalonnage de BM……36
Figure IV.8 : Cinétique d'adsorption du BM sur la biomasse(essai N°01)..... **Erreur ! Signet non défini.**
FigureIV.9 :Cinétique d'adsorption du BM sur la biomasse (essai N°02). ..... **Erreur ! Signet non défini.**
FigureIV.10 :courbe de cinétique q=f(t) (essaiN3) ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.11. : Modèle cinétique du pseudo- premier ordre de l'essai N°01 **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.12: Modèle cinétique du pseudo-premier ordre de l'essai N°02 ... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.13: Modèle cinétique du pseudo-premier ordre de l'essai N°03 . **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.14Modèle cinétique du pseudo-second ordre de l'essai N°01..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.15: Modèle cinétique du pseudo-second ordre de l'essai N°02..... **Erreur ! Signet non défini.**
FigureIV16. Modèle cinétique du pseudo-second ordre de l'essai N°03..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.17: model cinétique d'Elovich pour l'essai N°1 ..... **Erreur ! Signet non défini.**
FigureIV.18: model cinétique d'Elovich de l'essai N°2..... **Erreur ! Signet non défini.**
Figure IV.19: model cinétique d'Elovich de l'essai N°3..... **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des tableaux

Chapitre I : la pollution des eaux

Tableau I.1 : Différents types de pollution et leurs agents causals.....4

Tableau I.2: Valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.....10

Chapitre IV : résultats et discussion

Tableau IV.1 Caractéristiques physico-chimiques des adsorbants..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau IV.2 interprétation de Spectre IRTF de la biomasse avant et après l'adsorption de l'essai N°1 ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau IV.3Interprétation de Spectre IRTF de la biomasse après l'adsorption essai N°2 **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau IV.4. : Interprétation de Spectre IRTF de la biomasse après l'adsorption essai N°3.**Erreur ! Signet non défini.**

tableau IV.5 :les constants de Model du pseudo-premier ordre et du pseudo-**Erreur ! Signet non défini.**

seconde ordre ..... **Erreur ! Signet non défini.**

tableau IV.6 : les constants de elovitch ..... **Erreur ! Signet non défini.**

Liste des abréviations

BM : Bleu de méthylène

IR : Infra-Rouge

IRTF : Spectres Infrarouges par Transformée de Fourier

PH pzc : Potentiel d'hydrogène au point de charge zéro.

C0 : Concentration initiale d'adsorbat (mg.L-1)

Ce : Concentration d'adsorbat à l'équilibre (mg.L-1)

Ct : Concentration résiduelle à l'instant t de la solution (mg/L)

K1 : Constante de vitesse du modèle de Lagergren (min-1)

K2 : Constante de vitesse du modèle du 2eme ordre (g.mg-1.min-1)

PH : Potentiel d'hydrogène.

t : Temps (min)

UV : Ultra-violet

R^2 : Coefficient de détermination

Q_e : Quantité absorbée par unité de masse(en équilibre)

Abs : Absorbance



INTRODUCTION GENERALE

Introduction Générale

L'Algérie est confrontée à des défis écologiques complexes, liés à son développement rapide, qui constitue une menace pour la santé, la salubrité publique, la pérennité des écosystèmes fragiles et la capacité des générations futures à disposer des ressources nécessaires pour satisfaire leurs besoins socioéconomiques **[1].**

Aujourd'hui, l'agriculture, développée afin de répondre aux besoins nutritionnels de la population mondiale, nécessite des apports en eau douce correspondant à environ 70 % de la consommation mondiale **[2].**

A ce problème de pénurie d'eau s'ajoute celui de la pollution par les matières organiques et métaux lourds. En effet, les rejets domestiques et industriels ainsi que les pollutions d'origine agricole ont grandement contribué à la dégradation de la qualité des eaux de surface et souterraines. En Algérie, On estime que les entreprises industrielles génèrent annuellement plus de 220 millions de m^3 d'eaux usées à l'échelle nationale avec des capacités d'épuration d'environ 20 millions de m^3/an, soit 10% du volume d'eaux résiduaires générées **[3].**

Selon l'organisation mondiale de la santé (O.M.S), 3,4 millions de personnes décèdent chaque année de la pollution aquatique, 2,6 milliards de personnes ne disposent pas de sanitaires, 3.1% des décès dans le monde sont expliqués par une mauvaise qualité de l'eau de l'assainissement et de l'hygiène.

Parmi les polluants organiques émergents, on trouve les résidus de produits pharmaceutiques, la préoccupation mondiale concernant la présence de ces derniers dans l'eau a considérablement augmenté ces dernières années qui comportent un des problèmes environnementaux les plus importants dans les domaines de l'environnement et de la santé publique [4] qui sont détectés dans les eaux usées et les eaux de surface à des concentrations très faibles à des niveaux de ng/L à µg / L et qui reste même dans les eaux potables, conçues pour être biologiquement actives, cette activité biologique peut avoir un impact négatif sur la faune et la flore et altérer la santé des écosystèmes **[5]** .

Donc, il est impératif de rechercher des procédures efficaces et économiquement réalisables pour améliorer le traitement des eaux. Dans ce contexte, différentes technologies avancées utilisant des processus chimiques et physiques comme la filtration à travers des membranes denses (osmose inverse), ozonation, l'adsorption sur le charbon actif ou des processus d'oxydation avancée **[6].** Par ailleurs, le charbon actif obtenu à partir des déchets

agro-industries, étant abondants dans la nature, sont de bonnes alternatives à être utilisés dans l'adsorption, qui ont certains avantages de points de vue économiques et environnementaux, tels que la diminution des coûts de traitement, applicabilité à des concentrations très faibles , le caractère renouvelable du matériau adsorbant et la facilité d'utilisation . Aussi est une stratégie intéressante qui permet en outre de traiter le problème d'élimination des déchets et le recyclage **[7].**

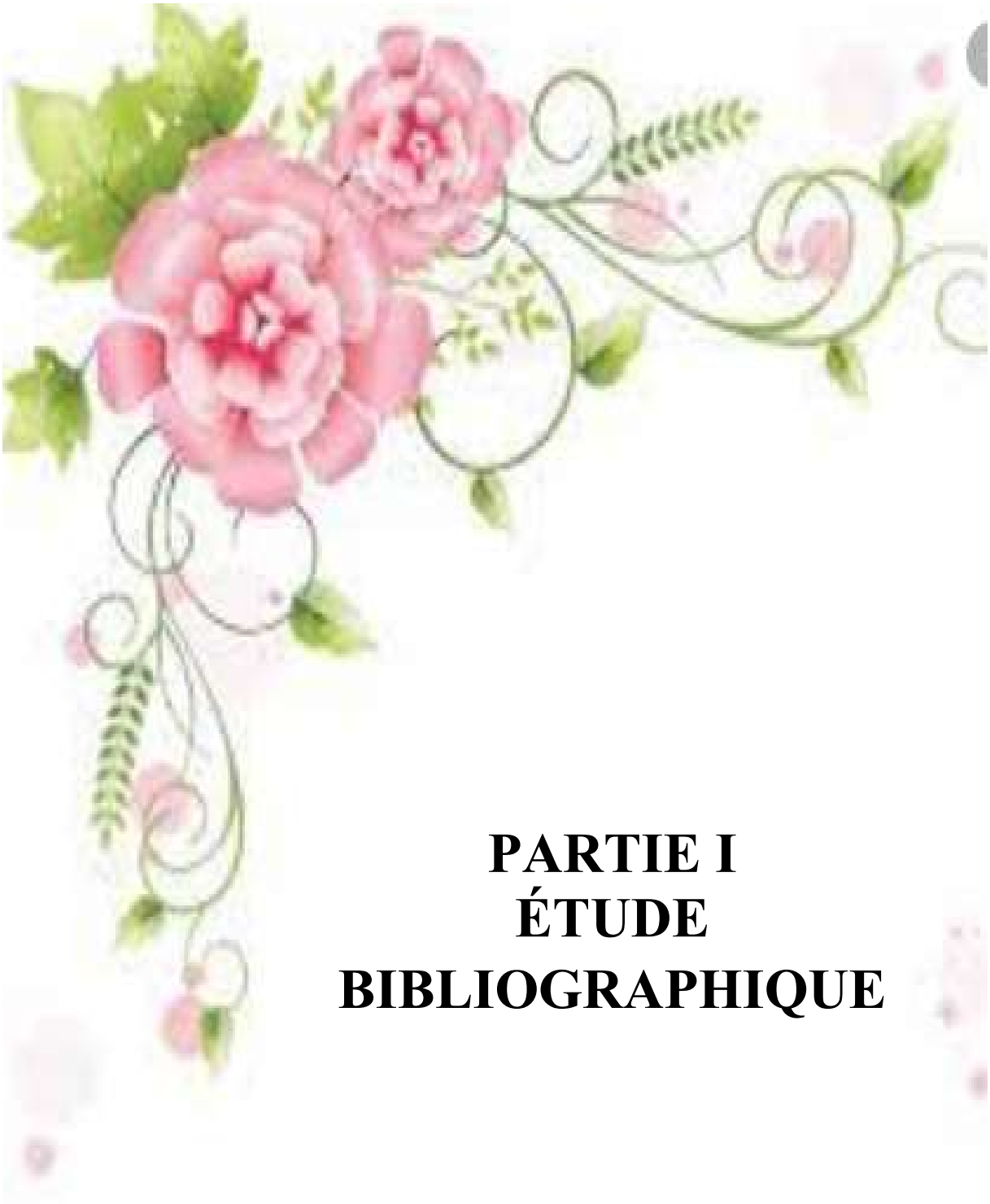
Le présent travail s'inscrit dans cette optique, qui consiste a étudiée la capacité d'adsorption d'un colorant, le bleu de méthylène, sur la biomasse issues des stations d'épuration.

Ce manuscrit est composé de quatre chapitres, dont le premier et le deuxième chapitre présentent une synthèse bibliographique qui discute la pollution des eaux avec les techniques de dépollutions utilisées. Le deuxième chapitre traite l'adsorption, ces différents types, les isothermes et la cinétique d'adsorption.

Le troisième chapitre décrit la partie expérimentale et présente le matériel et les méthodes avec les modes opératoires utilisées.

Le dernier chapitre rassemble les résultats et leurs interprétations du système étudié, le bleu de méthylène avec la biomasse.

En fin une conclusion générale synthétise l'ensemble des résultats obtenus au cours de ce travail de recherche et propose quelques perspectives pour l'avenir.



PARTIE I
ÉTUDE
BIBLIOGRAPHIQUE



Chapitre I. la pollution des eaux par les produits pharmaceutique (Généralités et Impact sur l'Environnement)

INTRODUCTION

La pollution de l'eau est très ancienne, elle est en germe dans toute action de l'homme sur son milieu. Au moyen âge, la plupart des sources d'eau potables sont contaminées d'où la propagation des grandes épidémies (peste, choléra, typhoïde, etc) **[2]**.

I .1 Définition de la pollution

La pollution désigne la dégradation d'un biotope par l'introduction, généralement humaine, de substances chimiques ou organiques, gènes ou de radiations (radioactivité, lumière artificielle), altérant de manière plus ou moins importante le fonctionnement de l'écosystème. La pollution d'origine humaine peut avoir un impact très important sur la santé et dans la biosphère comme en témoigne l'exposition aux polluants et le réchauffement climatique qui transforme le climat de la terre et son écosystème, en entraînant l'apparition de maladies inconnues **[2]**

Ainsi le terme pollution désigne l'ensemble des rejets des composés toxiques que l'homme a libéré dans la biosphère. La définition de la pollution est donc très large et elle permet de comprendre aussi bien des polluants d'origine naturelle que des polluants liés à l'activité humaine **[3].**

I.2 Les sources de la pollution

L'eau dans la nature et à fortiori celle qui est employée à des usages industriels et domestiques n'est jamais pure, de par les impuretés qu'elle peut renfermer sous les 3 états: solides, liquides ou gazeux et qui peuvent être caractérisées par la taille qu'elles prennent en milieux aqueux.

I.2.1 Source urbaine

L'origine des eaux résiduaires urbaines est principalement domestique où les populations génèrent les ¾ des eaux usées. Ces effluents sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines telles que les urines, fèces, eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères) **[4].**

I.2.2 Source industrielle

Elle constitue les déchets liquides obtenus lors de l'extraction et de la transformation de matières premières en produits industriels.

Les eaux résiduaires proviennent principalement de l'eau consommée dans de nombreuses opérations de fabrication par voie humide, comme par exemple: la précipitation, le lavage, le nettoyage des appareils, les ateliers, les filtrations, les distillations, etc. **[5]**

I.2.3 Source agricole

La pollution d'origine agricole provient surtout des engrais et pesticides épandus dans le sol sur de très grandes surfaces à proximité ou pas de cours d'eau. Ce type de pollution s'est intensifié depuis que l'agriculture est entrée dans un stade d'industrialisation assez avancé **[6]**.

I.2.4 Source naturelle

Ce phénomène se retrouve pour toute eau en contact avec l'atmosphère car celle-ci contient du gaz carbonique CO_2 qui est soluble dans l'eau pour donner de l'acide carbonique de formule H_2CO_3. On comprend ainsi qu'une concentration de CO_2 dans l'atmosphère conduit à une acidification de l'eau à son contact. Ainsi, même avant l'existence des pluies acides d'origine anthropique, les pluies naturelles étaient légèrement acides, ceci étant toujours le cas dans des zones protégées telles que les forêts amazoniennes **[6].**

I.2.5 Source microbiologique

La qualité microbiologique de l'eau peut aussi être à l'origine de problèmes, qu'ils soient aigues ou chroniques. Des accidents peuvent avoir lieu lors d'une mauvaise désinfection des canalisations, donnant une eau de mauvaise qualité microbiologique qui peut être un facteur de risque de plusieurs pathologies, surtout digestives **[7].**

I .3 Les types de pollution

Le tableau suivant résume les différents types de pollution ainsi que leurs agents causals

Tableau I.1 : Différents types de pollution et leurs agents causals **[8].**

Type de pollution	Nature chimique	Source ou agent causal
1- Physique		
pollution thermique	rejets d'eau chaude	centrales électriques
pollution radioactive	radio-isotopes	installations nucléaires
2- Chimique		
pollution par les fertilisants	nitrates – phosphates	agriculture (lessives)
pollution par des métaux et métalloïdes toxiques	mercure, cadmium, plomb, aluminium,	industrie, agriculture, combustions (pluies acides)

pollution par les insecticides et pesticides pollution par les détersifs pollution par les hydrocarbures pollution par des composés organochlorés pollution par les autres composés organiques de synthèse	arsenic, etc… insecticides, herbicides, fongicides agents tensioactifs pétrole brut et ses dérivés (carburants p.ex.) PCB, insecticides, solvants chlorés très nombreuses molécules (plus de 70 000 !)	agriculture (industrie) effluents domestiques industrie pétrolière, transports industries industries (usages dispersifs pour certains)
3- Organique pollution par matières fermentaires	glucides, lipides, protides	effluents domestiques, agricoles, d'industries agro-alimentaires, du bois (papeteries)
4- Microbiologique pollution par microorganismes	bactéries, virus entériques, champignons	effluents urbains, élevages, secteur agroalimentaire

1.3.1 La pollution des eaux par les substances pharmaceutiques

Une nouvelle forme de pollution de l'eau menace les pays riches. Cette pollution est issue principalement des traces médicamenteuses contenues dans les urines, mais aussi des médicaments jetés par les particuliers dans leurs toilettes pour s'en débarrasser, ainsi que des eaux usées des hôpitaux. Les exploitations d'élevage sont également une source de pollution de l'eau par des antibiotiques. Or cette problématique n'a jamais été prise en compte dans la gestion de l'eau **[9].**

a. Sources et voies d'introduction de résidus de produit pharmaceutique dans l'environnement aquatiques.

Sources et voies d'introduction de résidus de produit pharmaceutique dans l'environnement aquatiques sont schématisées dans la figure 01.

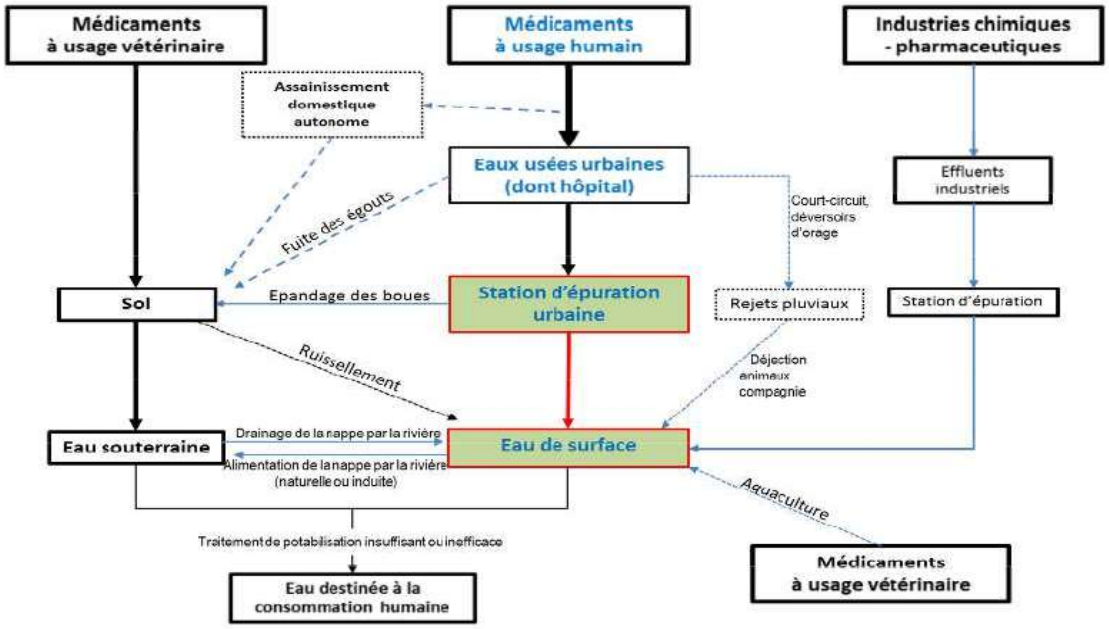


Figure I 1. Sources d'introduction de résidus de produit pharmaceutique

b. Voies de contamination des milieux aquatiques par les substances pharmaceutiques.

Voies de contamination des milieux aquatiques par les substances pharmaceutiques est représenté sur la figure 2.

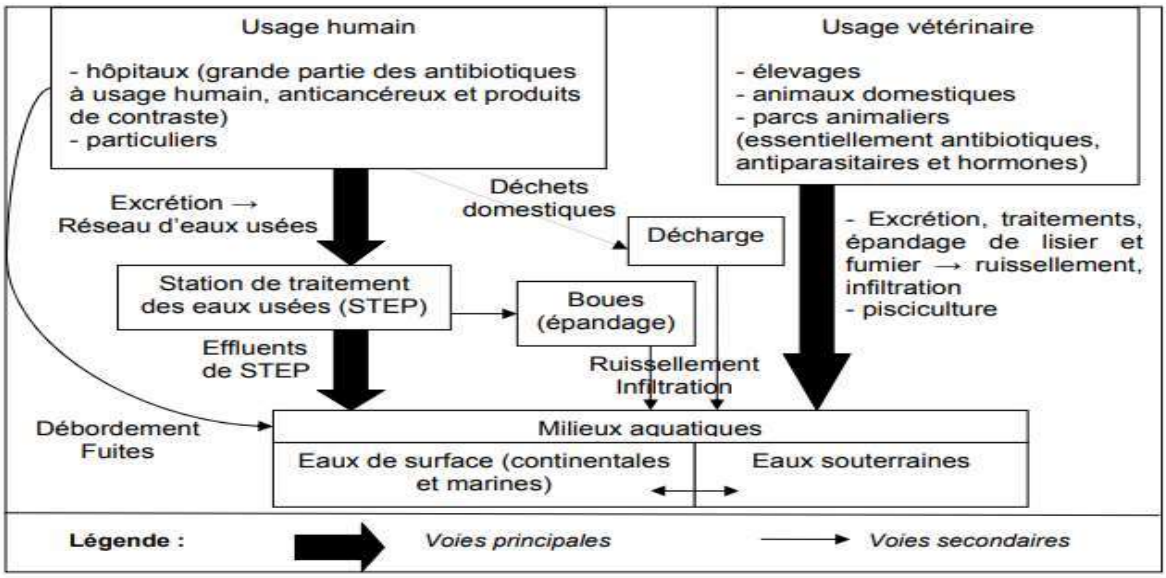


Figure I 2: Voies de contamination des milieux aquatiques par les substances

I.3.2 Les colorants

Les premiers colorants synthétiques datent du milieu du 19éme siècle. Les matières colorantes modifient la transparence et l'éclairement du milieu; l'action chlorophyllienne s'en trouve ralentie, la production d'oxygène en est diminuée et il y a tendance à l'installation des conditions anaérobies **[1].**

I.3.3 La toxicité des colorants

Les colorants synthétiques sont des composés chimiques organiques. Les effets cancérigènes des composés azoïques s'expriment indirectement par leurs dérivés amines. L'estimation des risques de cancer impose de fixer une concentration limite de 3.1 mg/L en colorant azoïque dans l'eau potable **[1].**

1.3.4 L'utilisation des colorants

Pour voir l'importance de matières colorantes il suffit d'examiner l'ensemble des produits manufacturés dans les différents domaines d'application suivants:

- Textiles 60%
- Papiers 10%
- Matières plastiques et élastomères 10%
- Cuire et fourrures 3%
- Produits alimentaires, le bois, la photographie **[1].**

I.3.5 L'impact des rejets textiles sur l'environnement

Les rejets de l'industrie du textile sont lourdement chargés en colorants car ils sont souvent utilisés en excès pour améliorer la teinture. Ces rejets se trouvent fortement concentrées en colorants avec la faible biodégradabilité ce qui constitue une source de dégradation de l'environnement. Plusieurs techniques ont été employées pour l'élimination des colorants des effluents industriels **[2].**

I.3.6 Classification des colorants

Les colorants sont classés en fonction de leurs origines :

I.3.6.1 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, …..

I.3.6.2 Les colorants synthétique

Parmi les colorants synthétiques

- Les colorants azoïques
- Les colorants anthraquinoniques
- Les colorants du diphénylamine et du triphénylméthane
- Les colorants polyméthiniques

I.3.7 Le bleu de méthylène

Le **bleu de méthylène**, ou chlorhydrate de tétraméthylthionine, dont la base est une base ammonium, est obtenu par l'action de l'oxyde d'argent ; cette base a été appelée bleu Borrel par LAVERAN. C'est un colorant basique progressif.

Il fait partie du groupe des Quinones-imides, section des Thiazines, qui sont des colorants sulfurés dans lequel deux noyaux benzéniques sont unis par un anneau fermé constitué d'un atome d'azote, d'un atome de soufre et de 4 atomes de carbone **[10].**

a) Structure du colorant

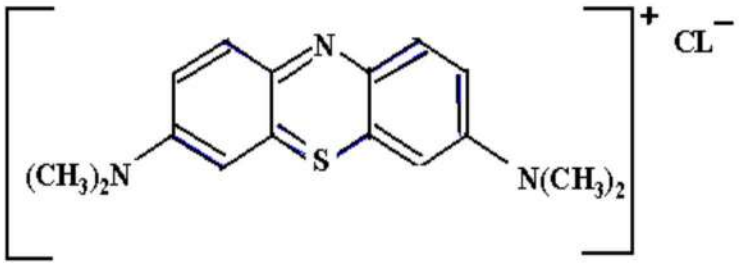


Figure I.3 : Structure chimique du bleu de méthylène

b) L'utilisation du colorant

C'est le plus important dans colorant basique, il est utilisé dans divers domaines :

- Il sert d'indicateur coloré redox : sa forme oxydée est bleue tandis que sa forme réduite est incolore. On l'utilise dans la fameuse expérience de la bouteille bleue.
- Il est employé comme colorant histologique. Le bleu de méthylène teint le collagène des tissus en bleu.
- Il est utilisé pour colorer le Curaçao et certaines variétés de boissons.
- En médecine, il est fréquemment utilisé comme marqueur afin de tester la perméabilité d'une structure (par exemple des trompes utérines lors d'une hystérosalpingographie) ou de préciser le trajet d'une fistule. Il est aussi utilisé lors de chimiothérapie anticancéreuse comme antidote à l'ifosfamide afin de prévenir les crises de convulsions liées à la neuro-toxicité du produit.
- C'est un bon antiseptique à usage interne
- Le bleu de méthylène est utilisé en quantité importante pour lutter contre la méthémoglobine.
- Si ingéré, il peut colorer l'urine et les selles.
- Il peut servir d'antiseptique, notamment en aquariophilie, ou en traitement d'appoint des plaies superficielles (chez le cheval par exemple), bien que sa faible activité antimicrobienne l'ait fait progressivement abandonner chez l'homme **[3]**.

I .4 Normes algériennes des paramètres de rejet des effluents liquides industriels

En Algérie, ce n'est que récemment, que l'on s'est rendu compte de la nécessité de la préservation de l'environnement , Selon décret exécutif n° 06-141 du 20 Rabie El Aouel 1427 correspondant au 19 avril 2006 définissant les valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels.

Tableau I.2: Valeurs limites des rejets d'effluents liquides industriels **[11]**

N°	Paramètres	Unité	Valeurs Limites	Tolérances aux valeurs limites
1	Température	°C	30	30
2	pH	-	6,5 - 8,5	6,5- 8,5
3	MES	mg/l	35	40
4	Azote Kjeldahl	mg/l	30	40
5	Phosphore total	mg/l	10	15
6	DCO	mg/l	120	130
7	DBO5	mg/l	35	40
8	Aluminium	mg/l	3	5
9	Substances toxiques bioaccumulables	mg/l	0,005	0,01
10	Cyanures	mg/l	0,1	0,15
11	Fluor et composés	mg/l	15	20
12	Indice de phénols	mg/l	0,3	0,5
13	Hydrocarbures totaux	mg/l	10	15
14	Huiles et graisses	mg/l	20	30
15	Cadmium	mg/l	0,2	0,25
16	Cuivre total	mg/l	0,5	1
17	Mercure total	mg/l	0,01	0,05
18	Plomb total	mg/l	0,5	0,75
19	Chrome Total	mg/l	0,5	0,75
20	Etain total	mg/l	2	2,5
21	Manganèse	mg/l	1	1,5
22	Nickel total	mg/l	0,5	0,75
23	Zinc total	mg/l	3	5
24	Fer	mg/l	3	5
25	Composés organiques chlorés	mg/l	5	7

I.5 Les techniques de traitement de la pollution d'eau usée

- Le pré- traitement des eaux usées commence par le dégrillage : séparation des déchets solides les plus gros, retenu par un système de tamis ou de grilles

- Le pré- traitement se poursuit par le dessablage - dégraissage : élimination des graisses par flottaison et des matières lourdes par décantation
- Le traitement biologique par boues activées : les micro-organismes (bactéries) transforment la pollution dissoute en boues biologiques par une alternance de phase d'aération et de repos dans des bassins. Le traitement biologique est la transformation de la pollution par des bactéries en gaz carbonique, eau traitée et boues.
- la clarification sépare les boues de l'eau qui, dépolluée à plus de 90 %, est ensuite rejetée dans le milieu naturel.
- le traitement des boues consiste à concentrer la matière organique en filtrant les boues liquides pour obtenir des boues solides plus facilement transportable et stockable

L'adsorption

Parmi les traitements les plus utilisées pour l'élimination des polluants est l'adsorption. C'est un phénomène par lequel des molécules de gaz ou de liquides se fixent sur les surfaces. Les charbons actifs sont capables de fixer les composés organiques dissous qui ont échappé aux traitements physico-chimiques ainsi que certains micropolluants (hydrocarbures, pesticides, métaux lourds…). On les obtient par traitement spécial de charbons naturels (anthracite, tourbe) ou de végétaux (bois, noix de coco).

Conclusion

La recherche sur la pollution de l'eau par les résidus de produits pharmaceutiques est l'un des

Aspects importants de la recherche actuelle sur l'environnement en raison de leurs effets

physiologiques sur les animaux et les personnes à très faible concentration (traces) a été révélé qu'ils peuvent provoquer une toxicité aquatique.

On peut faire la dépollution de ces eaux a l'aide de la méthode de l'adsorption .

D'une manière générale, l'adsorption est un procédé de séparation par lequel certains composants d'une phase sont fixés à la surface d'un adsorbant solide par des liaisons chimiques ou physiques.



CHAPITRE II . Généralités sur l'Adsorption

I INTRODUCTION

L'adsorption est un phénomène d'interface pouvant se manifester entre un solide et un gaz, ou entre un solide et un liquide. Le support solide est l'adsorbant, tandis que le composé adsorbé est appelé adsorbat. Le processus d'adsorption se poursuit jusqu'à l'obtention d'un équilibre auquel correspond une concentration d'équilibre du soluté. La concentration du soluté adsorbé, est donc liée à la concentration résiduelle du soluté. L'adsorption peut être effectuée avec charbon actif en poudre qui est mélangé, floculé et décanté avec l'eau à traiter ou avec du charbon en grains disposé dans des colonnes ou avec des lits fluidisés à contre courant.

II Types d'adsorption

Selon la nature des forces impliquées, deux types d'adsorption peuvent être distingués : l'adsorption physique et l'adsorption chimique (figure II.1).

II.1 Adsorption physique (physisorption)

Dans le cas de l'**adsorption physique**, la fixation des molécules d'adsorbat sur la surface d'adsorbant se fait essentiellement grâce aux forces de Van der Waals et aux forces dues aux interactions électrostatiques de polarisation, dipôle et quadruple pour les adsorbants ayant une structure ionique. L'adsorption physique se produit sans modification de la structure moléculaire et est parfaitement réversible (c'est-à-dire que les molécules adsorbées peuvent être facilement désorbées en diminuant la pression ou en augmentant la température) **[12].**

II.2 Adsorption chimique

Dans le cas de l'**adsorption chimique**, le processus résulte d'une réaction chimique avec formation de liaisons chimiques entre les molécules d'adsorbat et la surface d'adsorbant. L'énergie de liaison est beaucoup plus forte que dans le cas de l'adsorption physique et le processus est beaucoup moins réversible et même parfois irréversible.

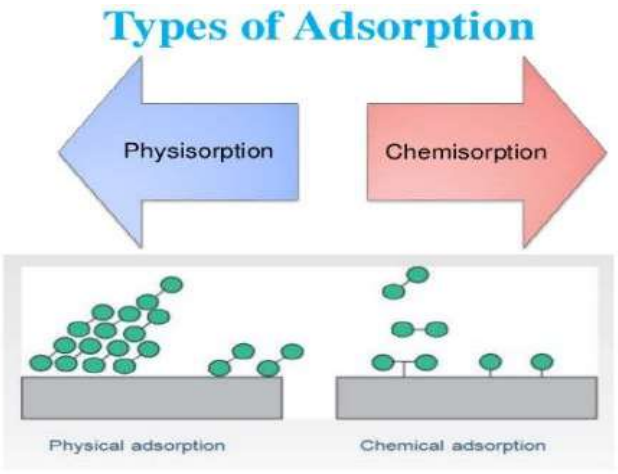


Figure II.1. Types d'adsorption [27]

II.3 Paramètres influençant de l'adsorption

Un grand nombre de paramètres et de propriétés, du support et du substrat, peuvent influencer le processus d'adsorption et notamment la capacité et la cinétique de rétention d'une substance sur un support. Il s'agit des paramètres suivants :

II.3.1. Structure de l'adsorbant

Elle joue un rôle déterminant dans la fixation du substrat, par la taille de ses particules. En effet plus la taille est petite, plus la surface de contact sera grande. Ce qui va alors augmenter son pouvoir de rétention. En outre, cette surface s'accroît lorsque le support est poreux.

Les adsorbants industriels (essentiellement les charbons actifs) développent des surfaces spécifiques énormes (600 à environ 1200 $m^2.g^{-1}$) caractéristiques d'une très forte microporosité **[13]**

II.3.2 Influence de l'adsorbat

D'après la règle de Lundenius : « moins une substance est soluble dans le solvant, mieux elle est adsorbée ». D'après la règle de Traube : l'adsorption à partir des solutions aqueuses, croit lorsqu'on parcourt une série d'homologues **[13].**

Dans une solution multi composée, la compétition de plusieurs espèces pour l'occupation par adsorption des sites actifs réduit les quantités adsorbées dans la solution donnée.

II.3.3 Influence du pH

Le pH est un paramètre prédominant qui a un effet non négligeable sur les caractéristiques de l'adsorption. Dans la plupart des cas, les meilleurs résultats sont acquis aux pH les plus faibles. Cette propriété s'applique particulièrement à l'adsorption de substances acides ou moléculaires. **[13]**

II.3.4 Influence de la température

Les processus de l'adsorption qui ne se compliquent pas par des réactions chimiques s'accompagnent toujours de dégagement de chaleur (exothermique), de sorte qu'avec une augmentation de la température, le phénomène de désorption devient dominant. Par contre, pour une adsorption activée (chimie sorption), l'équilibre d'adsorption n'est pas atteint rapidement, et l'augmentation de la température favorise l'adsorption **[13].**

II.3.5. Polarité

Un soluté polaire aura plus d'affinité pour un solvant ou pour l'adsorbant le plus polaire. L'adsorption préférentielle des composés organiques à solubilité limitée en solutions aqueuses (hydrocarbures, dérivés chlorés, phénols et autres dérivés benzéniques) est importante avec les adsorbants hydrophobes (charbons actifs, polymères poreux). Elle est par contre insignifiante avec les adsorbants polaires très hydrophiles (gel de silice, alumine,…). **[13]**

II. 4 Modélisation des isothermes d'adsorption

En mode statique, l'adsorption liquide ou gazeuse sur des matériaux adsorbants, peut être modélisée par plusieurs modèles, les plus couramment utilisés sont ceux de Langmuir, Freundlich.

II.4.1 Modèle de Langmuir

L'équation de Langmuir **[14]** est fondée sur les hypothèses suivantes :

- L'adsorption est localisée et ne donne lieu qu'à la formation d'une monocouche ;

- Tous les sites d'adsorption énergétiquement équivalents et la surface est uniforme ;

- Une seule molécule peut s'adsorbe par un site ;

- Il n'y pas d'interactions entre les molécules adsorbées.

L'équation de Langmuir s'écrit :

$$\mathbf{Q_{eq}} = \frac{qmax\ Kl\ \ Ceq}{1+Kl\ Ceq} \quad \text{(Eq. 1)}$$

Où $\mathbf{Q_{eq}}$ est la quantité de soluté adsorbé à l'équilibre (mg/g) ; la capacité maximale d'adsorption (mg/g) ; K, la constante de Langmuir (L.mg-1), la concentration du soluté à l'équilibre dans la solution (mg/L).

La forme linéaire de l'équation de Langmuir est:

$$\frac{Ce}{Qe} = \frac{1}{Qmax.Kl} + \frac{1}{Qmax}Ce \quad \text{(Eq. 2)}$$

Les valeurs K_l et Q_{max} peuvent être déterminées à partir de la pente et de l'ordonnée à l'origine de la droite de (1/Qe) =f (1/Ce)

II.4.2 Modèle de Freundlich

L'isotherme d'adsorption de Freundlich **[15],** repose sur les hypothèses suivantes :

- Les sites actifs ont des niveaux d'énergie différents,
- Chaque site actif peut fixer plusieurs molécules,
- Le nombre de sites actifs n'est pas déterminé.

L'équation empirique (Eq.3) de Freundlich est aisément linéarisable (Eq. 4)

$$q_e = k_f\, c_e^{1/n} \quad \text{(Eq. 3)}$$

$$logq_e = logk_f + \frac{1}{n}logc_e \quad \text{(Eq. 4)}$$

K_F (L/g) et n (sans dimension) étant deux constantes (n <1).

Pour **n > 1**, l'adsorption est quantitativement plus importante et pour **n < 1** elle est plus faible **[16].**

III. Cinétiques d'adsorption

La cinétique d'adsorption représente la variation de la quantité de soluté adsorbé par un adsorbant en fonction du temps de contact soluté/adsorbant. Sa modélisation permet d'identifier les mécanismes contrôlant la vitesse de l'adsorption. Trois étapes limitantes sont généralement considérées dans la littérature:

- Le transfert de masse de la solution vers le matériau adsorbant (diffusion externe)
- La diffusion à l'intérieur du matériau vers les sites actifs (diffusion interne)
- La réaction d'adsorption elle-même.

Les données expérimentales peuvent être modélisées par des équations mathématiques. De nombreux modèles cinétiques sont reportés dans la littérature, les deux plus fréquents sont les modèles du pseudo-premier et du second ordre, etc **[17].**

III.1 Le modèle de Lagergren (modèle pseudo-premier ordre)

Il a été supposé dans ce modèle que la vitesse de sorption à l'instant t est proportionnelle à la différence entre la quantité adsorbée à l'équilibre, q, et la quantité q adsorbée à cet instant et que l'adsorption est réversible **[18].** Autrement dit, la sorption est d'autant plus rapide que le système est loin de l'équilibre. La loi de vitesse s'écrit:

$$\frac{dqt}{dt} = k1(qe - qt) \qquad \text{(Eq.5)}$$

qt , qe *:* représentent respectivement la capacité d'adsorption (en mg/g) à l'équilibre et au temps t et k1 est la constante de vitesse d'adsorption (min^{-1}).

En appliquant les conditions limites qt = 0 à t = 0 et qt = qt à t = t, puis en intégrant l'équation (Eq. 1), nous obtenons :

$$\log(qe - qt) = \log qe - \frac{k1}{2.303}t \qquad \text{(Eq. 6)}$$

La constante de vitesse k1, et la quantité d'équilibre d'adsorption, q_{th}, peuvent être obtenues, respectivement, à partir de la pente et de l'interception entre *log(qe -qt)* en fonction du temps**(t)**.

III.2 Le modèle pseudo-deuxième-cinétique ordre

Ce modèle est représenté par la formule suivante **[19]:**

$$\frac{dqt}{dt} = k2(qe - qe)^2 \qquad \text{(Eq 7)}$$

q_t, q_e : représentent respectivement la capacité d'adsorption (en mg/g) à l'équilibre et au temps t et k_2 est la constante de vitesse d'adsorption du modèle de pseudo- deuxième -ordre (g/.mg.min) En séparant les variables et en intégrant l'équation aux conditions limite, t=0, q_t=0 et t=t, q_t=q_t ; on obtient l'expression suivante:

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k2\ qe^2} + \frac{1}{qe}t \qquad \text{(Eq. 8)}$$

On peut déterminer les valeurs de k_2 , q_e , en traçant la courbe de **t/q** en fonction de **t**.

IV. Classification des isothermes :

L'isotherme d'adsorption est ainsi le reflet des interactions entre un solide et un adsorbat. On admet généralement la classification suivante :

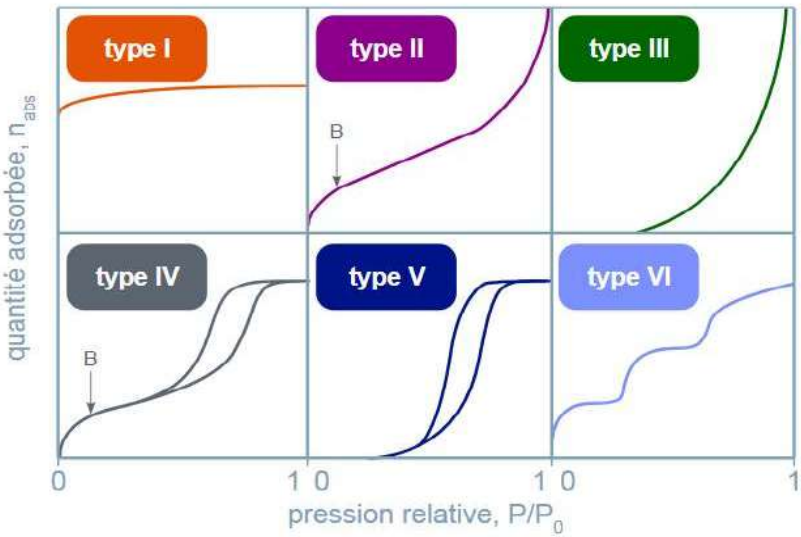


Figure II.2 : Classification des isothermes

- **Type I** : présence d'un plateau horizontal jusqu'à saturation. Ce type d'isotherme est caractéristique du remplissage de micropores (de dimension moléculaire, ou de dimension plus élevée à faibles pressions relatives, souvent décrit par une isotherme de Langmuir. Ici,

il peut y avoir de fortes interactions en jeu (éventuellement chimisorption). C'est une adsorption essentiellement mono moléculaire.

- **Type II** : ces isothermes sont très répandues, pour des solides non poreux ou macroporeux. Le fait qu'il n'y ait pas de point clairement identifiable (correspondant au remplissage d'une monocouche), et une montée continue de la quantité adsorbée est le signe d'une hétérogénéité énergétique de la surface vis à vis des interactions adsorbat/adsorbant. Contrairement au cas où un point est identifiable, ici il y a superposition de l'adsorption monocouche et multicouche.

  On distingue le type qui est une isotherme réversible sur une surface externe stable et le type qui peut être obtenu pour des agrégats ou des particules en feuillets présentant des pores en fentes non stables.

- **Type III** : ces isothermes correspondent à des solides non poreux ou macroporeux, caractéristiques de faibles interactions adsorbat/adsorbant comparées aux interactions adsorbant/adsorbant (surface/surface). L'adsorption est plus facile sur la première couche adsorbée que sur la surface. La constante de la théorie BET reste inférieure à 2.

- **Type IV** : Ici il y a remplissage de méso pores et condensation capillaire dans les pores. On verra que ce type d'isotherme peut présenter différents types d'hystérèses : (type IV a) où les branches d'adsorption et de désorption sont quasiment parallèles où la branche de désorption présente une plus grande pente que la branche d'adsorption

- **Type V** : Ici il y a remplissage de mésopores et condensation capillaire dans les pores.

- **Type VI** : Ce type d'isotherme en « marches » est très rare : il ne se rencontre que pour des surfaces très homogènes **[20].**

V. Application de l'adsorption

Les principales utilisations de l'adsorption sont :

- Les purifications des divers produits pétroliers et de matières grasses animales et végétales.
- La récupération de solvants et d'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).
- La dessiccation de produits organique industriels.

- Traitement des eaux issues de différentes industries (agroalimentaires, textiles...)

Conclusion :

Au cours de ce chapitre L'adsorption peut être définie comme l'opération fondamentale de Génie Chimique qui exploite l'aptitude de certains solides à concentrer spécifiquement à leur surface les constituants d'une solution permettant ainsi leur séparation .

il nous a été possible de définir l'adsorption comme étant essentiellement une réaction de surface et de différencier entre la physisorption et la chimisorption. Nous avons présenté les défirent model Cinétiques d'adsorption aussi que les différents types d'isotherme d'adsorption , sans oublier les Paramètres influençant de l'adsorption .



PARTIE II
ÉTUDE EXPERIMENTALE



CHAPITRE I
MATERIELS ET METHODES

INTRODUCTION

L'étude expérimentale de ce travail a été accomplie dans le laboratoire de Hall technologique de l'université Yahia Farès de Médéa.

Ce chapitre expose les matériels, les réactifs utilisés, la procédure et le protocole expérimentale concernant les tests de dépollution par adsorption de l'eau contaminée par Le Bleu de méthylène, les méthodes d'analyse sont aussi détaillées. Les conditions de réalisation des essais cinétiques sont ensuite présentées.

III.1. Matériel

III.1.1. Solutions et produits utilisés

- Solution d'acide chloridrique (0,1 N).
- Solution de sodium (0.1M).
- Colorant ; Solution d'éosine aqueuse.
- L'eau distillée.

III.1.2. Petit matériel

- Papier filtre.
- Verrerie de laboratoire ; fioles jaugées, entonnoirs, béchers, pipettes, tubes à essai, éprouvettes, flacons, barreau magnétique, erlenmeyer.
- Tamis, Portoirs.

III.1.3. Appareillage

- Spectrophotomètre à balayage UV –VISIBLE.
- Spectroscopie infra rouge(IR),FTIR_8400,SHIMADZU
- Balance de précision, de marque LAC 114, précision 0.1 mg.
- PH mètre.
- Agitateur simple.
- Thermomètre.
- Etuve.
- Broyeur.
- Chronomètre.

III.2Préparation de l'échantillon (la biomasse):

Nous avons utilisé une biomasse morte issu d'une industrie agroalimentaire formées des grains et des autres particules broyés au cours du procédé de production. Cette biomasse a subi des prétraitements avant son utilisation dans l'adsorption. Les étapes suivi pour la préparation du notre support d'adsorption sont illustrées sur la figure (III.1).

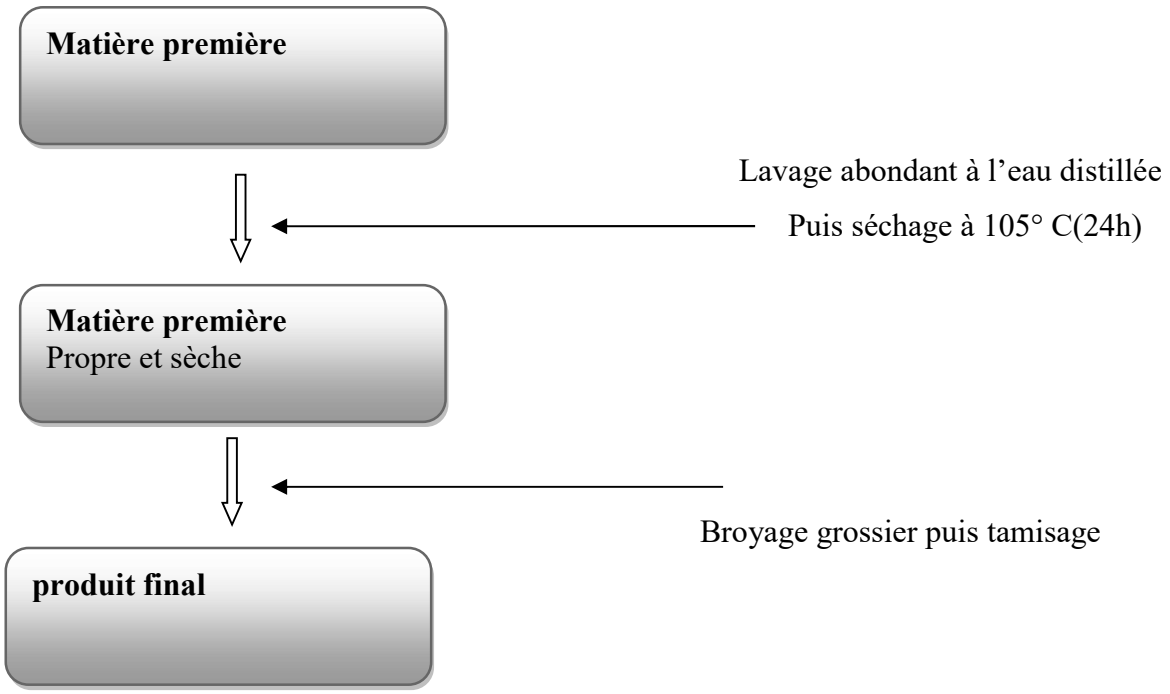


Figure (III.1) : Etapes de préparation de la biomasse

III.2.1 Lavage et broyage

Cette biomasse est lavée plusieurs fois avec de l'eau de robinet après de l'eau distillée pour éliminer les excès d'impuretés ; Ensuite elle est séchée à l'étuve à 105 °C pendant 24 heures .

La biomasse est ensuite broyée et tamisée pour donner une préparation en poudre prête pour l'adsorption.



figure (III.2). La biomasse



figure (III.3). La biomasse après lavage (mouiller)



figure (III.4).l'étuve à 105 °C

III.2.2 Etude granulométrique :

La granulométrie est l'étude de la distribution statistique des tailles d'une collection d'éléments finis de matière naturelle ou fractionnée. L'analyse granulométrique est l'ensemble des opérations permettant de déterminer la distribution des tailles des éléments composant la collection.

Une fois la biomasse séché et broyés, elle subit un tamisage grâce à une pile de tamis de laboratoire de type (RETSCH) et de différentes ouvertures de maille (4 mm à 45 µm).



figure (III.5). La biomasse après séchage et broyage



figure (III.6). Tamiseuse de type RETSCH



figure (III.7). Produit fini

La biomasse obtenue est conservée dans des flacons fermés hermétiquement pour les utilisés comme matière première dans ce travail.

III.3. Caractérisation physico-chimique de la biomasse utilisée

III.3.1 Mesure d'humidité H (%)

L'humidité est la présence d'eau ou de vapeur d'eau dans l'air ou dans une substance (linge, pain, produit chimique, humidité du bois,)

Peser une masse de10g d'adsorbant puis sécher à l'étuve jusqu' à poids constant pendant 2 heures à une température de 105°C, l'échantillon séché est pesé. La teneur en eau exprimée

en calculant l'humidité par la formule suivante:

$$H(\%)=\frac{M0-M1)}{M_0}.100 \qquad E(1)$$

M_0= masse d'adsorbant avant séchage(g) ;

M_1= masse d'adsorbant après séchage(g).

III.3.2 Masse volumique apparente :

C'est la masse d'un corps par unité de volume apparent en état naturel, après passage à l'étuve à 105 °C, notée ρ_{app} et exprimée en (g/cm^3).

La détermination de la masse volumique apparente consiste à introduire une masse M_0 du adsorbant broyé et séché, dans une éprouvette de volume V_0 égal à 10 ml .la masse volumique apparente est calculée par la relation suivante :

$\rho_{app}=M_0/V_0$ E(2)

III.3.3Masse volumique réelle :

La masse volumique réelle est déterminée en introduisant une masse M_0 de adsorbant broyé et séché. Le vide existant entre les particules a été comblé par un liquide, l'éthanol de masse volumique 0,8172 g /cm^3 à la température d'expérience qui est égale à 25°C . La masse volumique est déterminée par la formule ci-dessous :

$$\rho_r = \frac{M_0}{(V_0 - V_E)} = \frac{M_0}{(V_0 - (\frac{M_E}{\rho_E})} \quad \text{E(3)}$$

Avec :

ρ_E : masse volumique de l'éthanol ρ_E = 0,8172 g / cm^3,

ρ_r : masse volumique réelle (g /cm^3),

M_0 : masse d'adsorbant qui occupe le volume V_0 du l'éprouvait (g),

M_E : masse de l'éthanol rajouté pour remplir le vide (g).

III.3.4 Mesure de la surface spécifique par unité de masse des particules :

La surface spécifique (*Ss*) appelée aussi « Aire massique » représente la surface totale (As) par unité de masse (M) et on l'exprime généralement en m²/g .

Elle est calculée à partir de l'expression suivant :

$$A=\frac{6}{\rho_{app}.\ d_p} \quad \text{E(4)}$$

III.3.5 La surface spécifique par unité de volume de la solution :

La surface spécifique d'une particule est le rapport entre la surface de cette particule et son volume. Cependant, ces particules sont supposées sphériques. La valeur de la surface peut s'évaluer d'après la relation suivante :

$$S = \frac{6.C_a}{d_p\ .\rho_{app}} \quad \text{E(5)}$$

Avec :

S: surface spécifique de la particule adsorbée par unité de volume de la solution (m^2/m^3)

C_a: concentration d'adsorbant,

d_p : diamètre moyen du grain de adsorbant , d_p(m),

ρ_{app} : masse volumique apparente de adsorbant (g .cm^{-3}).

III.3.6 Conductivité électrique

La conductivité électrique caractérise l'aptitude d'un matériau ou d'une solution à laisser les charges électriques se déplacer librement et donc permettre le passage d'un courant électrique.

Son Unités est : siemens par mètre ($S \cdot m^{-1}$).

On mélange 1g d'adsorbant activé avec 10 ml d'eau distillée. Après agitation, on mesure la conductivité de la solution grâce à un conductimètre.

III.3.6 pH zéro :

Le point isoélectrique ou potentiel hydrogène isoélectrique (pH(I)), c'est le pH pour lequel la charge électrique nette de la molécule est nulle, en physico-chimie, c'est le pH d'une solution aqueuse dans laquelle un solide existe sous un potentiel électrique neutre, elle est calculée à partir de tracée le graphe de : $[(pH_f - pH_i) = f(pH_i)]$ et le point d'intersection avec l'axe des x est le point pH zero .

III.4 Caractérisation structurale par spectroscopie infrarouge (IRTF) :

L'analyse IRTF (Infra Rouge à Transformée de Fourier) est une technique très utilisée dans l'étude des fonctions de surface des solides car elle permet une analyse qualitative desprincipaux groupes fonctionnels ; on fait l'analyse (IRTF) dans la pareille de type (SHIMADZU. FTIR-8400).



figure (III.8). : infra rouge de type(SHIMADZU. FTIR-8400).

III. 5 Courbe d'étalonnage du bleu de méthylène

Le bleu de méthylène que nous avons utilisé est une poudre,Inodore, soluble dans l'eau. Il nous a été fourni par laboratoire de hall technologique.

La solution mère de bleu de méthylène (50 mg/L) a été préparée et ensuite dilué avec d'eau distillée.



figure (III.9).La solution mer de BM



figure (III.10). les solutions fille

Nous avons déterminé la longueur d'onde maximale et l'absorbance de chaque dilution, ensuite nous avons tracé la courbe d'étalonnage : $C = f(Abs)$ La concentration en adsorbat a été déterminée par spectrophotométrie UV-Vis (SHEMADZU, UVmini- 1240 V) niveau de laboratoire de hall technologies à la longueur d'onde d'adsorption qui est de λ =664 nm.

III.6 Protocole expérimental

L'évaluation de l'efficacité d'adsorption est réalisée par la détermination de la capacité d'adsorption ou de fixation du matériau adsorbant (charbon actif), noté $\mathbf{q_e}$ est exprimée en **mg** de (l'adsorbat)/**g** d'adsorbant ; ou encore par la détermination du taux d'élimination du métal, noté **E** est exprimé en pourcentage.

$\mathbf{q_e}$ est défini par la formule suivante **;**

$$\mathbf{q_e = (C_0 - C_e)/C_A}$$

Pour le taux d'élimination **E**, il est défini par ;

$$\mathbf{E\ (\%) = 100 * (C_o - Ce)\ /\ C_o}$$

Avec ;

$\mathbf{C_0}$; Concentration initiale de l'adsorbat (bleu de méthylène)dans la solution (mg/l).
$\mathbf{C_e}$ **;** Concentration résiduelle de l'éosine relevée à l'équilibre (mg/l).
$\mathbf{C_A}$ **;** Concentration initiale de l'adsorbant dans la solution (g/l).

Le suivi de la cinétique d'adsorption permet de déterminer le temps d'équilibre qui est un paramètre important pour évaluer les qualités d'un adsorbant.
La cinétique et l'équilibre de processus d'adsorption ont été réalisés à différentes concentrations, en utilisant : (3 essais)

- 3g de l'adsorbant et de 50 mg/l de la solution de BM .
- 1 ,5g de l'adsorbant et de 100 mg/l de la solution de BM
- 3g de l'adsorbant et de 150 mg/l de la solution de BM
- **Essai N°1 : C_{BM}=(50mg/l) , C_b=1,5g**

Pour l'optimisation de la masse et le temps d'équilibre du bleu de méthylène, on a introduit différentes concentrations en adsorbat $\mathbf{C_{BM}}$**= (50, 100 ; 150 mg/l**) dans un bécher de V_S= **500 ml** contenant l'adsorbant C_b=1 g/L, L'agitation est assurée durant 6heures(temps d'équilibre) à une vitesse de W = 250 tr/min et à une température ambiante , Aucun ajustement de pH n'a été fait (pH de la solution).

En faisant des prélèvements de solution à des intervalles de temps(0 ; 1 ; 3 ; 5 ; 7 ; 10 ; 15 ; 20 ; 25 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60 ; 70 ; 80 ; 90 ; 100 ; 110 ; 120…), puis filtrés, dilués, et dosés par **spectrophotométrie UV-Visible** pour suivre les cinétiques d'adsorption.



figure (III.11). La solution sur l'agitateur



figure (III.12). La filtration



figure (III.13). La solution après la filtration et la dilution**.**

le même protocole expérimental est suivi pour les conditions suivantes:

- **Essai N°2 : C_{BM}=(100mg/l) , C_b=1,5**
- **Essai N°3 : C_{BM}=(150mg/l) , C_b=1,5g**

Conclusion :

Au cours de ce chapitre on'a rédiger la méthode de notre travail, ou on site tout les appareilles, les matériel , et les produit utiliser au coure de notre expérience, ou on utilise l'adsorption comme méthode cinétique .

Chapitre II : résultat et discutions

INTRODUCTION

Dans ce chapitre, tous les résultats expérimentaux obtenus sont présentés et discutés. En effet, l'étude expérimental repose sur la détermination de la cinétique d'adsorption d'un colorant prie comme polluant organique, sur une biomasse issue de l'industrie. L'objectif étant de mettre en évidence l'efficacité de ce support, et de chercher le modèle cinétique le plus représentatif de ce système.

IV.1 CARACTERISATIONS DE LA BIOMASSE PREPARES

IV.1.1 Lagranulométrie

Le diamètre moyen des particules la biomasse obtenues après broyage est déterminé par l'intersection entre les courbes refus cumulé et le tamisa cumuler, les résultats trouvés sont illustrés la figure (IV.1).

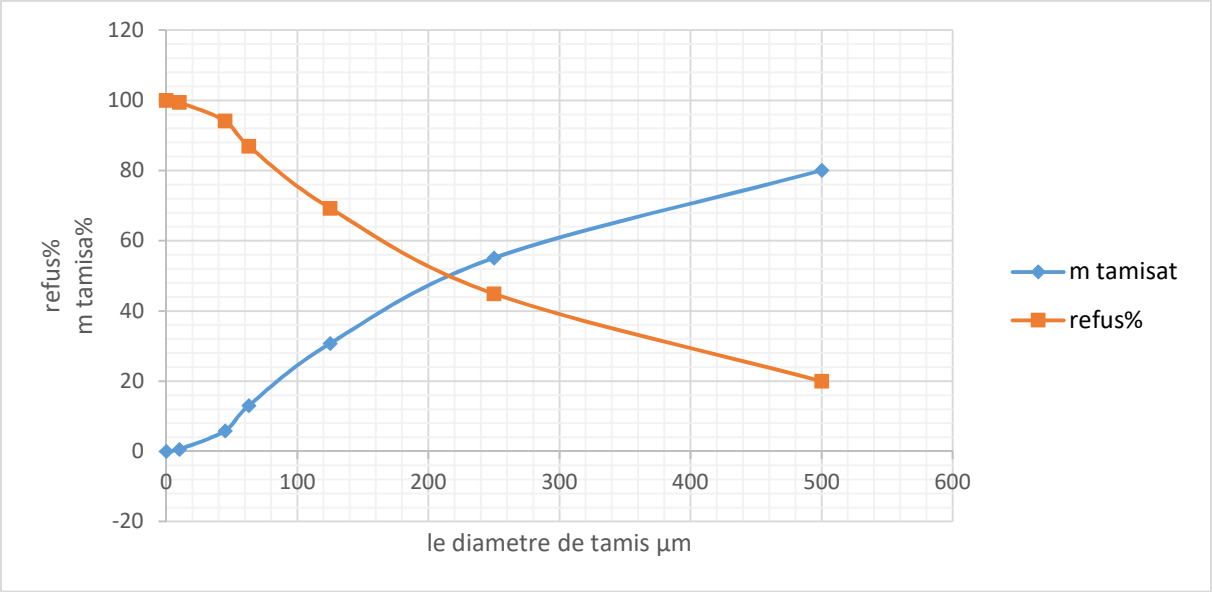


Figure IV.1 Distribution granulométrtrique des particules de la biomasse.

La valeur moyenne des diamètres des particules obtenue est 220 µm.

IV.2 Caractérisation physico chimique de la biomasse

Les résultats de la caractérisation physicochimique de notre adsorbants utilisés sont récapitulés dans le tableau (IV.1).La valeur du pH $_{zéro}$a été déterminé par l'intersection entre la courbe représentant les valeurs de (pH_f -pH_i)en fonction du pH_iet l'axe des abscisses, les résultats trouvés sont illustrés sur la figure (IV.2)

Tableau IV.1 Caractéristiques physico-chimiques des adsorbants.

Les paramètres de la biomasse	Les résultats
Le diamètre équivalent	220µm
Surface spécifique par unité de masse	0,0285
Humidité H%	1,5%
Masse volumique apparente	0,956g/ml
Masse volumique réelle	1,47 g/ml
conductivité électrique	0,026µs /cm
pH	8,42
$pH_{zéro}$	8

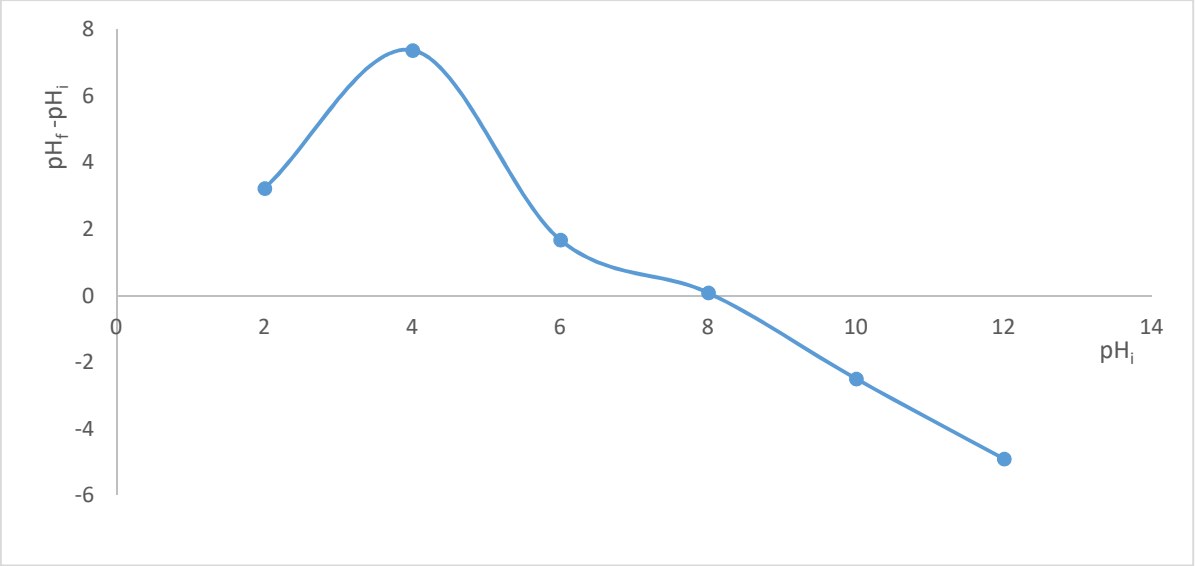


Figure IV.2 Représentation de la courbe pH_{Zero}

De ces résultats nous pouvons conclure que notre adsorbant a une charge négative sur sa surface externe, cela est due à la grande valeur de $pH_{zéro}$ par rapport au pH.

IV.3 Caractérisationinfrarouge(IR)

Afin de mettre en évidence la structuremoléculairede notre adsorbant (la biomasse), nous avons un recours à la spectrophotométrie infra Rouge comme méthode d'analyse complémentaire.

Les spectres infrarouges des échantillons après adsorption de l'essais N°1, l'essai N° 2 et L'essai N3 sont représentés sur les figures (IV.3, IV.4, IV.5) respectivement, ainsi que le spectre infrarouge de la biomasse avant adsorption sur la figure (IV.6).

L'analyse spectroscopique IR de ces figures permit d'identifier les différents groupements fonctionnels qui constituent la structure de la biomasseaprès l'adsorption.

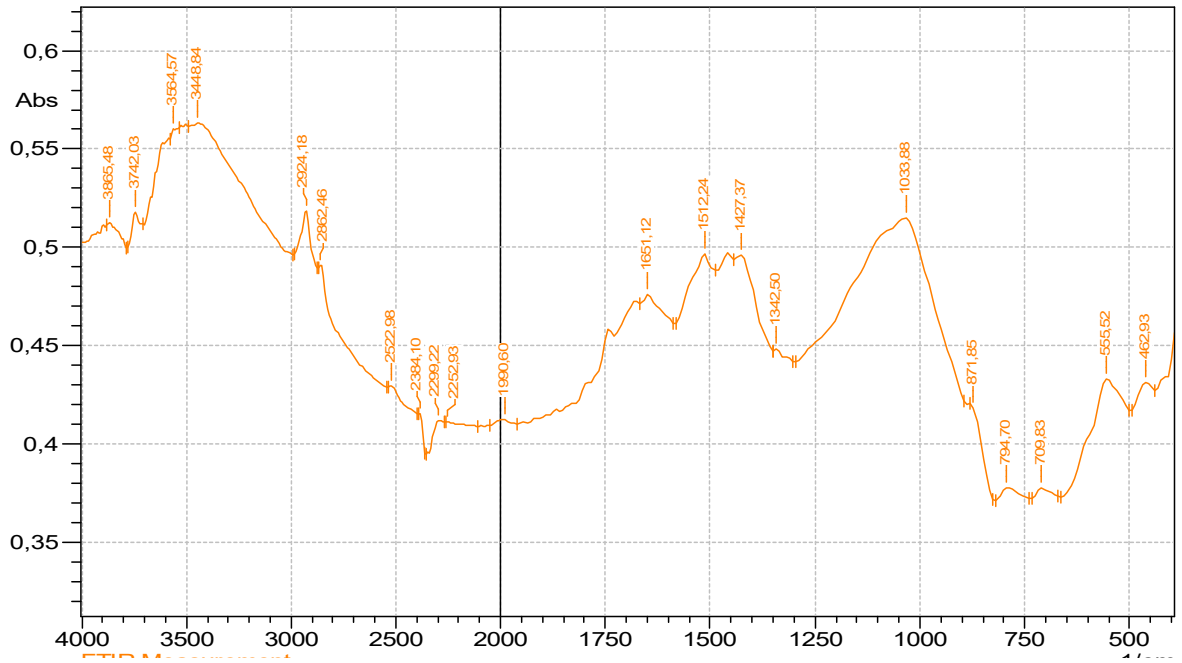


Figure IV.3 Spectre IRTF de la biomasse après l'adsorption de l'essai N°1

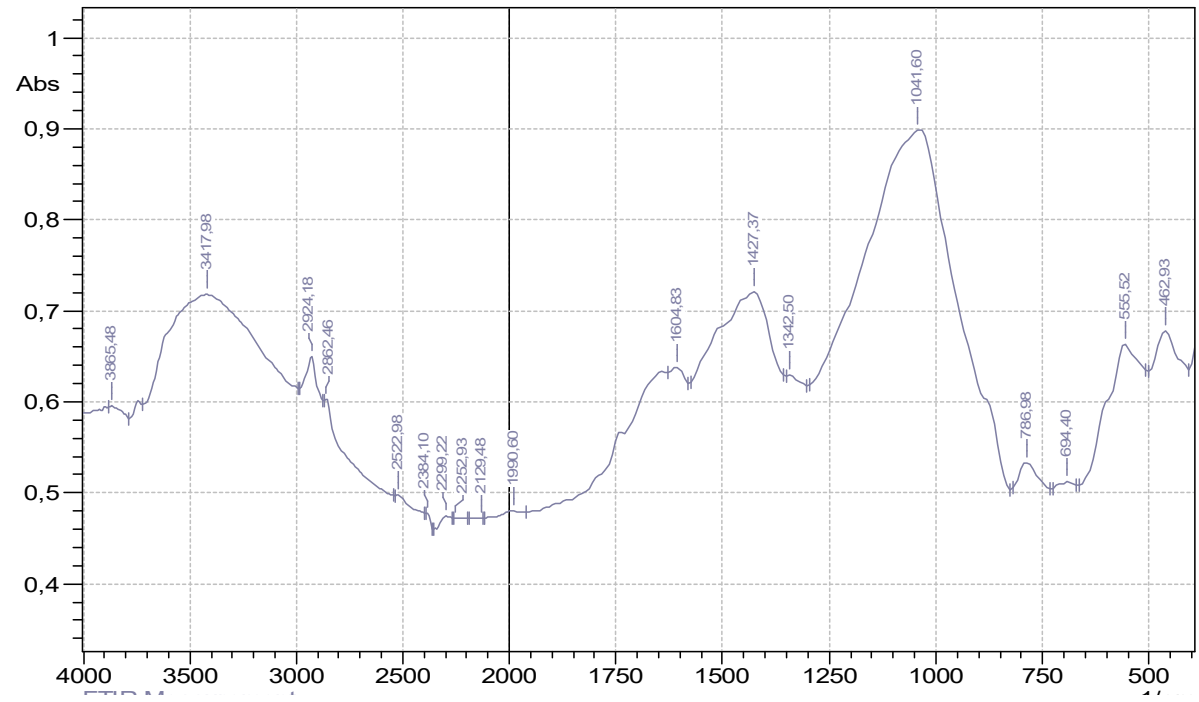


Figure IV.4. Spectre IRTF de la biomasse après l'adsorption de l'essai N°2

Abs essai N°3

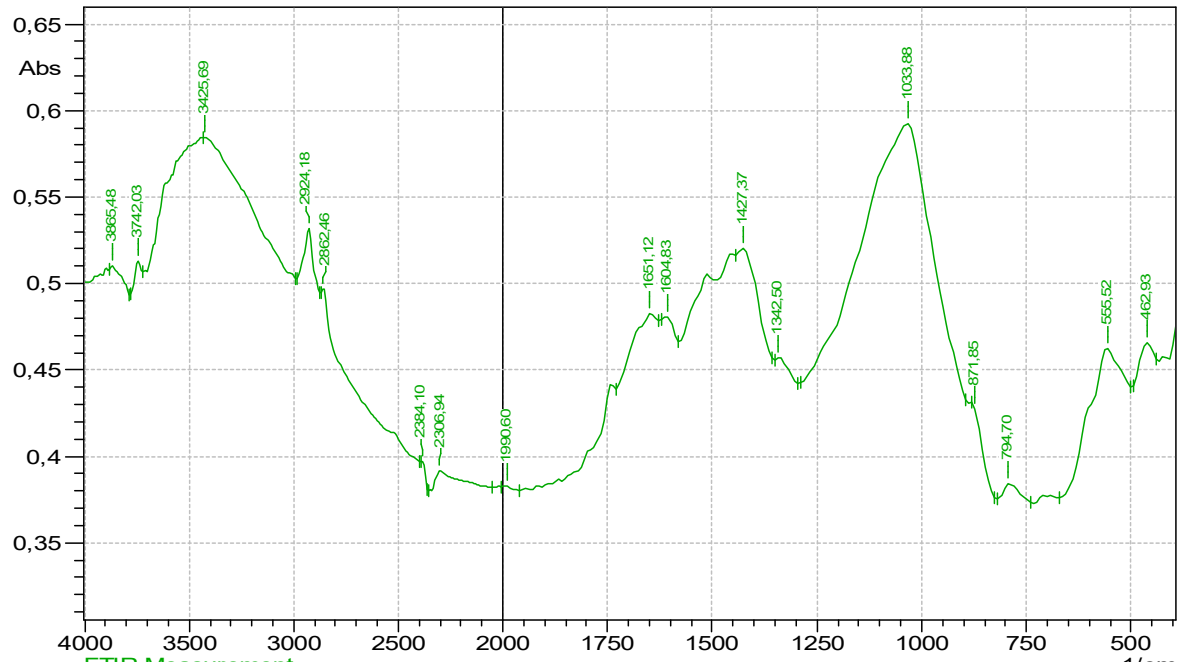


Figure IV.5 Spectre IRTF de la biomasse après l'adsorption de l'essai N°3

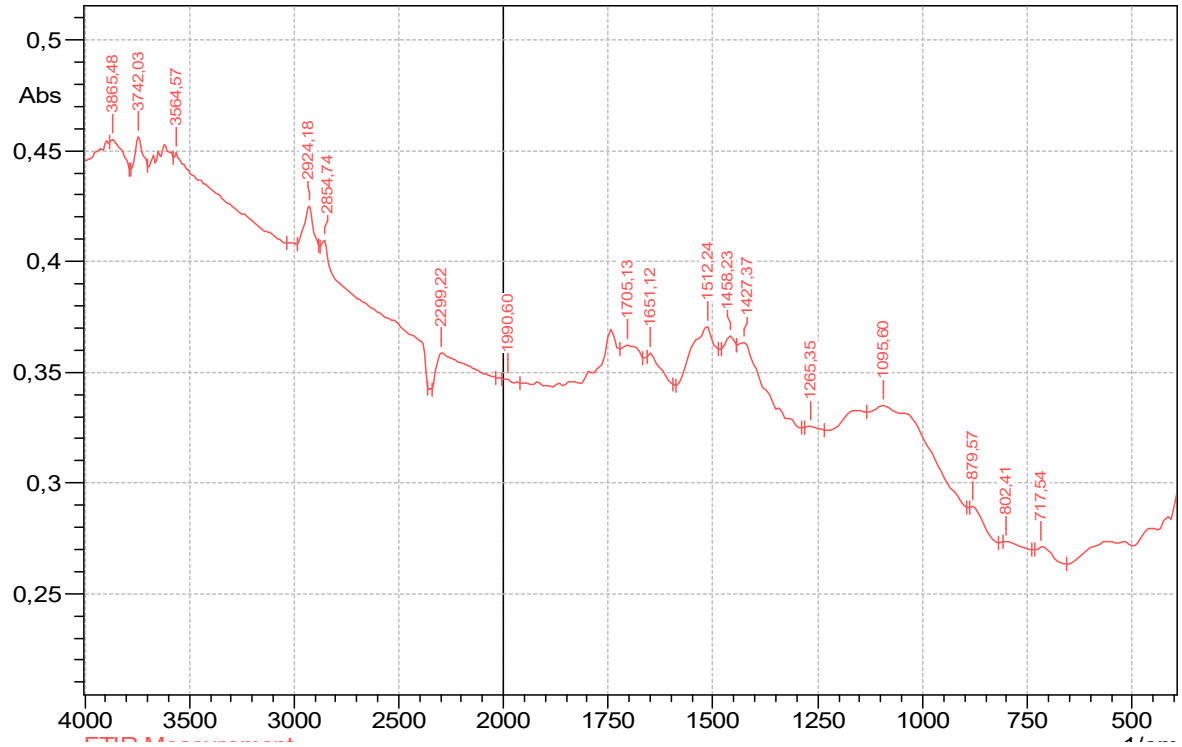


Figure IV.6 Spectre IRTF de la biomasse brut

L'analyse des spectres infrarouge avant et après adsorption Montrent des bandes qui seraient attribuées aux groupements d'ions signalés dans la littérature, les bandes d'absorption sont mentionnées dans le tableau **IV.2.**

Tableau IV.2 interprétation de Spectre IRTF de la biomasse avant et après l'adsorption de l'essai N°1.

Biomasse brut	**Liaison**	**Biomasse de l'essai N°1**	**Liaison**
2924,18	**C-H**	**3448,84**	**N-H**
1705,13	**C=O**	**2924,18**	**O-H**
1512,24	**C=C**	**1512,24**	**C=C**
1095,60	**S=O**	**1342,50**	**C_{tet}-O**
879,57	**C-Cl**	**1033,88**	**C_{tet}- C_{tet}**
717,54	**C-S**	**709,83**	**C-S**

Les pics entre 2810 cm-1et 3000cm-1 correspondent aux bandes (C-H), les pics à 717.54cm-1 caractérisent les bandes (C-S) et les pics entre1050cm-1 et 1450cm-1

correspondent aux bandes (S=O) de la biomasse avant abs.

Par contre Les pics entre 2500 cm-1et 3200 cm-1 correspondent aux bandes (O-H), les pics entre 650cm-1 et 900cm-1 correspondent aux bandes (N-H),les pic entre 510cm-1et 590cm-1 correspondent aux bandes (C-Br).

Les résultats de l'infrarouge de la biomasse de l'essai N°02 et de la biomasse brut sont regroupées dans le tableau IV.3. De nouvelles valeurs d'absorbances de 3448,84cm-1, 2924,18cm-1, 1342,5 cm-1 et 709,83 cm-1 apparu après l'adsorption, confirme la présence d'interaction entre les groupements fonctionnels de la biomasse et lecolorant.

Tableau IV.3 Interprétation de Spectre IRTF de la biomasse après l'adsorption essai N°2

Biomasse brut	**Liaison**	**Biomasse de l'essai N°02**	**Liaison**
2924,18	**C-H**	**3417,98**	**N-H**
1705,13	**C=O**	**2924,18**	**C_{tet}-H^5**
1512,24	**C=C**	**1604,83**	**N-H**
1095,60	**S=O**	**1041,60**	**C_{tet}-C_{tet}**
879,57	**C-Cl**	**786,98**	**Aromatique benzen**
717,54	**C-S**	**555,52**	**C-Br**

Les pics entre 2810 cm-1et 3000cm-1 correspondent aux bandes (C-H), les pics à 717.54cm-1 caractérisent les bandes (C-S) et les pics entre1050cm-1 et 1450cm-1 correspondent aux bandes (S=O).

Par contre Le pic 3417,98 cm-1 correspondent aux bandes (N-H), le pic786,98cm-1 correspondent aux bandes (aromatique benzène),les pic entre 510cm-1et 590cm-1 correspondent aux bandes (C-Br).

Letableau(IV.4)regroupe les résultats de la biomasse brut et celle de l'essai N°03, l'apparition de nouvelles pics indique la présence de groupement fonctionnels sur la surface de la biomasse.

Tableau IV.4. : Interprétation de Spectre IRTF de la biomasse après l'adsorption essai N°3.

Biomasse brut	Liaison	Biomasse de l'essai N°03	Liaison
2924,18	**C-H**	**3425,69**	**N-H**
1705,13	**C=O**	**2924,18**	**C_{tet}-H**
1512,24	**C=C**	**1427,37**	**C_{tet}-O**
1095,60	**S=O**	**1342,50**	**C_{tet}-N**
879,57	**C-Cl**	**1033,88**	**C-N**
717,54	**C-S**	**794,70**	**C-H**
		555,52	**C-Br**

Les pics entre 2810 cm-1et 3000cm-1 correspondent aux bandes (C-H), les pics à 717.54cm-1 caractérisent les bandes (C-S) et les pics entre1050cm-1 et 1450cm-1 correspondent aux bandes (S=O).

Par contre les pics entre 3100cm-1et 3500 cm-1 correspondent aux bandes (N-H), les pics entre 2810cm-1 et 3000cm-1 correspondent aux bandes (C-H),les pic entre 1000cm-1et 1400cm-1 correspondent aux bandes (C-N).

Letableau(IV.4) montrent de nouvelles valeurs d'absorbances de 1427,37cm-1, 7944,70cm-1et 555,52cm-1 après l'adsorption, cela confirme la présence d'interaction entre les groupements fonctionnels de la biomasse et les colorants.

IV.4 Courbe d'étalonnage

Le tracer de la courbe d'étalonnage nous à permet de trouver l'équation qui détermine les concentrations du bleu de méthylène après adsorption, pour ce faire la longueur d'onde d'absorption maximale du bleu de méthylène est trouvé à λ =664 nm. La figure IV9 Représente la variation des concentrations en bleu de méthylène en fonction de ses absorbances.

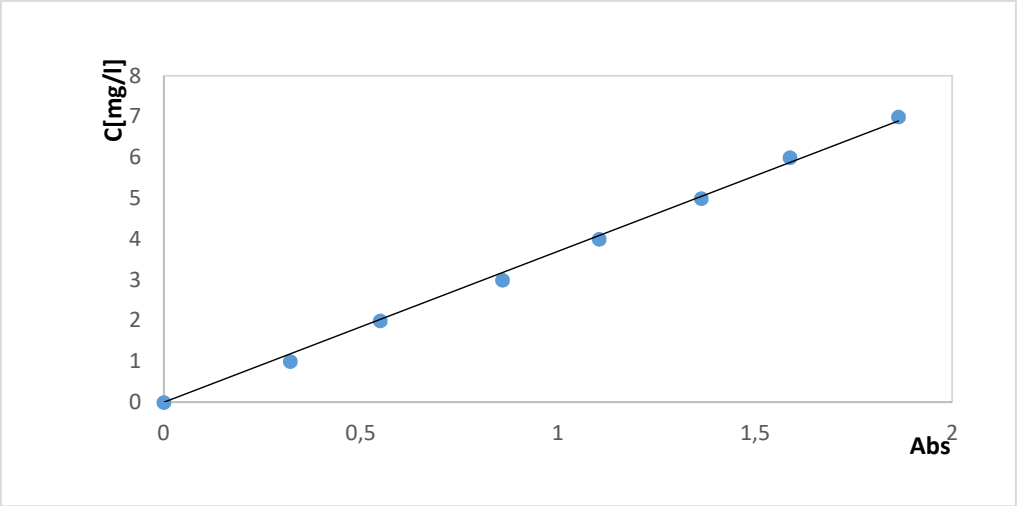


Figure IV.7 : courbe d'étalonnage de BM

La courbe obtenue donne une droite qui passe par l'origine obéit à la loi de Beer- Lambert, la droite formée permet d'établir l'équation utilisées pour calculer la concentration du bleu de méthylène des solutions obtenues après adsorption.

IV.5 Détermination du temps d'équilibre

L'étude cinétique de l'adsorption bleu de méthylène sur la biomasse est réalisée selon un protocole expérimental bien détaillé dans le chapitre précédent. Afin de déterminer la cinétique d'adsorption du bleu de méthylène étudié, et puisque l'adsorption est un procédé de transfert du polluant de la phase liquide vers la phase solide, le temps de contact entre les deux phases joue le rôle d'un facteur limitant.

Les expériences sont effectuées en utilisant les conditions opératoires suivantes:

Essai N°1 :

- Concentration initiale en colorant C_0=50mg/l,
- Volume de la solution (eau distillé) V=500ml,
- Vitesse d'agitation V=250tours/min,
- Concentration d'adsorbant (biomasse)C_B=3g/l.

-T : Température ambiante T= 23°C

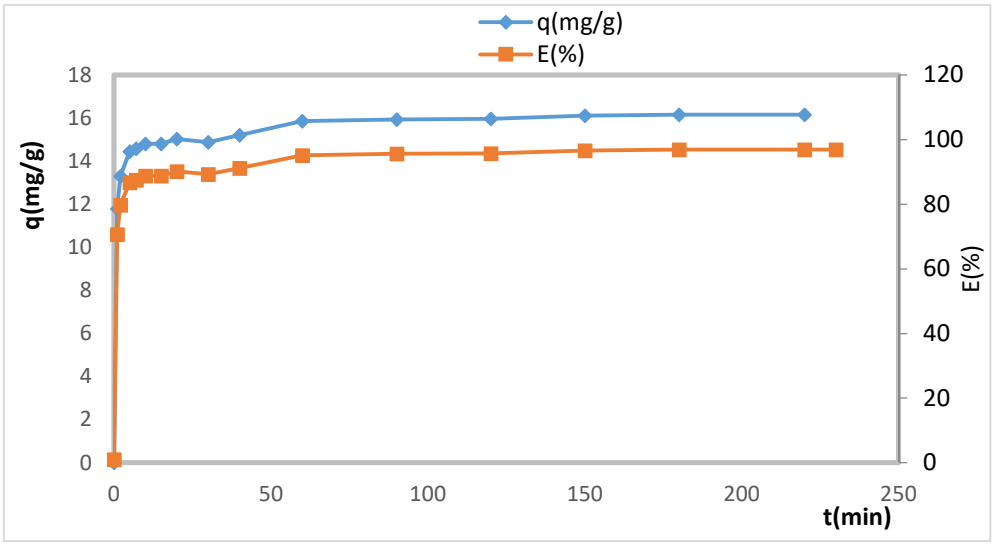


Figure IV.8 : Cinétique d'adsorption du BM sur la biomasse(essai N°01)

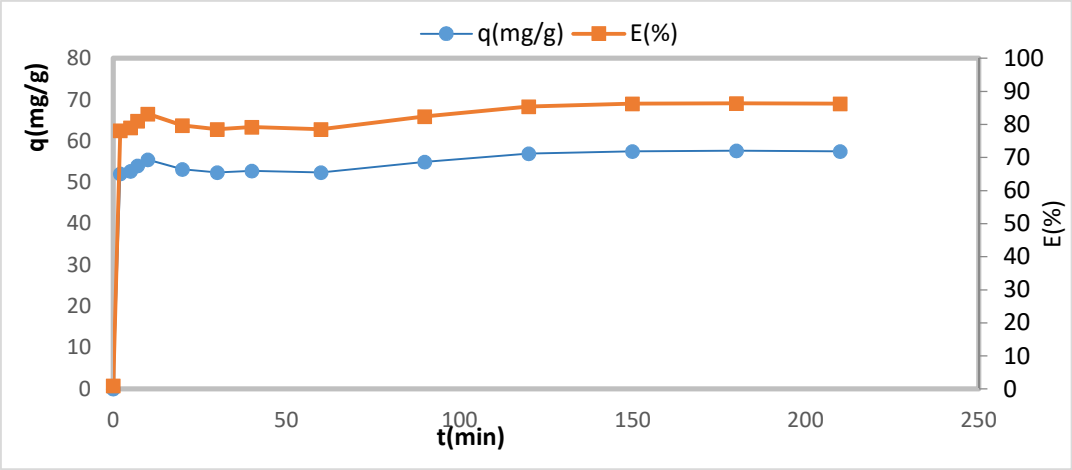
La lecture de cette figure montre que cette courbe peut être divisée en trois parties. La première partie est rapide, de t = 0 à t = 7 min. Après le premier contact avec la biomasse la quantité absorbée de colorant augmente considérablement avec le temps. La quantité adsorbée de ce colorant est d'environ 27 mg de BM/g, et le taux d'élimination atteint 96% .

La seconde partie commence à partir de 7 min jusqu'à t = 150 min. Après une longue période de contact, la quantité adsorbée augmente lentement. Cela est dû au fait que la plus grande partie des sites d'adsorption ont été occupés au cours de la première étape. La troisième partie est observée au-delà de t = 150 min. La dernière partie de la courbe d'adsorption montre un palier constant. Ce comportement a démontré que nous avions déjà atteint la fin du processus d'adsorption. A ce stade, l'équilibre est atteint et nous pouvons déterminer le temps d'équilibre et la quantité adsorbée à l'équilibre. En lisant les résultats, il a été constaté que l'adsorption du bleu de méthylène sur la biomasse est remarquable. En effet, la quantité adsorbée à l'équilibre est32 mg / g après 150min.

Essai N°2 :

La cinétique d'adsorption pour le deuxième essai se fait dans les conditions suivantes :

- Concentration initiale en colorant C_0=100mg/l,
- Volume de la solution (eau distillé) V=500ml,
- Vitesse d'agitation V=250tours/min,
- Concentration d'adsorbant (biomasse) C_B=1,5g/l.



FigureIV.9 : Cinétique d'adsorption du BM sur la biomasse (essai N°02).

L'augmentation de la concentration initial du bleu de méthylène augmente la quantité adsorbé, cela est bien remarqué sur la figure (IV11),cette figure montre que la courbe de la cinétique peut être divisée en trois parties. La première partie est tresrapide, de t = 0 à t =7 min, la quantité absorbée de colorant augmente considérablement avec le temps. Elle atteint d'environ 52mg de BM/g, pour un taux d'elimination de 86%.

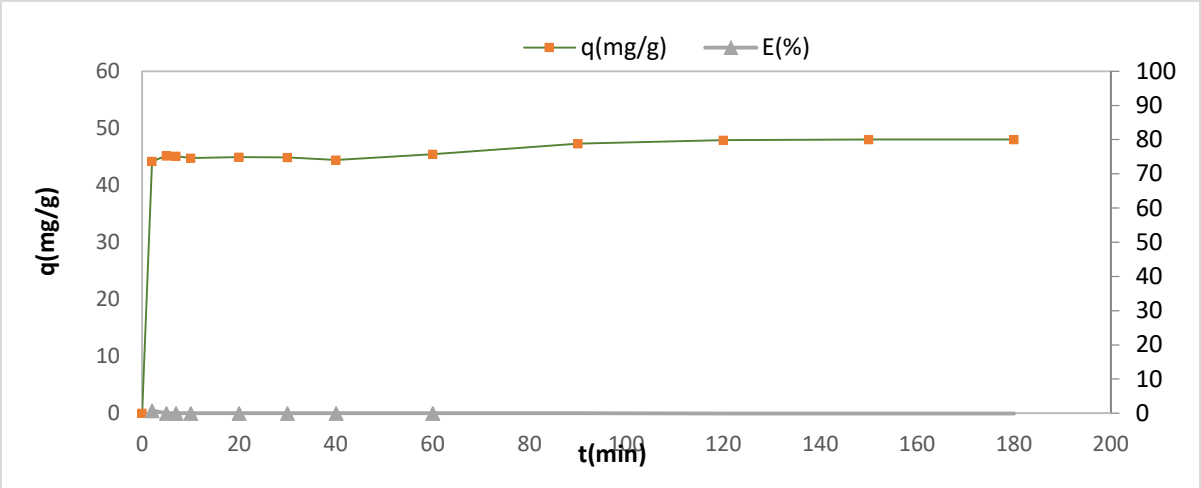
La seconde partie commence à partir de 7 min jusqu'à t = 150 min. Après une longue période de contact, la quantité adsorbée augmente t lentement. La troisième partie est observée au-delà de t = 150 min, elle montre un palier constant, qui représente l'équilibre. La quantité adsorbée est d'ordre 57 mg / g après 150min.

Essai N°3 :

En se basant sur le même protocole expérimental, nous avons suivi la cinétique d'adsorption du bleu de méthylène sur la biomasse en système batch dans les conditions suivantes :

- Concentration initiale en colorant C_0=150mg/l,
- Volume de la solution (eau distillé) V=500ml,
- Vitesse d'agitation V=250tours/min,
- Concentration d'adsorbant (biomasse) CB=3g/l.

Les résultats de cette cinétique sont représentés sur la figure IV.12.



FigureIV.10 :courbe de cinétique q=f(t) (essaiN3)

D'une manière générale nous observons les mêmes allures de l'essai N°01 et l'essai N°02, sauf que les quantités adsorbées augmentent pour atteindre un maximum d'adsorption de 46 mgdeBM/g de biomasse avec un taux d'élimination de 96% au bout de 150 minute.

IV.6 Modélisation de la cinétique d'adsorption

Dans le but d'examiner le mécanisme du processus d'adsorption, nous avons examiné des modèles cinétiques pour analyser nos résultats expérimentaux, plusieurs modèles comme le modèle cinétique de pseudo-premier ordre et le modèle cinétique de pseudo-second ordre, et le modèle d'Elovich sont appliqués dans le but de décrire le phénomène de transport de l'adsorbat dans les pores del'adsorbant.

IV.6.1 Modèle dupseudo-premier ordre

Ila été supposé dans ce modèle que la vitesse d'adsorption à l'instant est proportionnelle à la différence entre la quantité adsorbée à l'équilibre (q_e)et la quantité (qt)adsorbée à cet instant et que l'adsorption est réversible .Laconstante de vitesse d'adsorption du premier ordre est déduite à partir du modèle établi par La gergreen.

Les résultats obtenus en appliquant le modèle cinétique du pseudo-premier ordre pour les 3 essais sont représentés sur les figures(IV13.14.15.)respectivement :

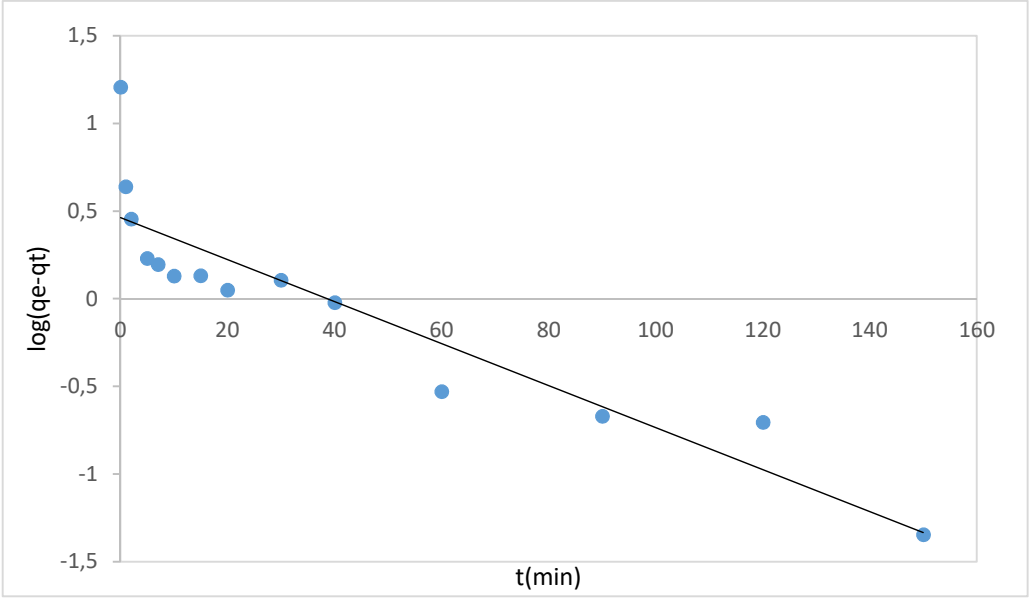


Figure IV.11. : Modèle cinétique du pseudo- premier ordre de l'essai N°01.

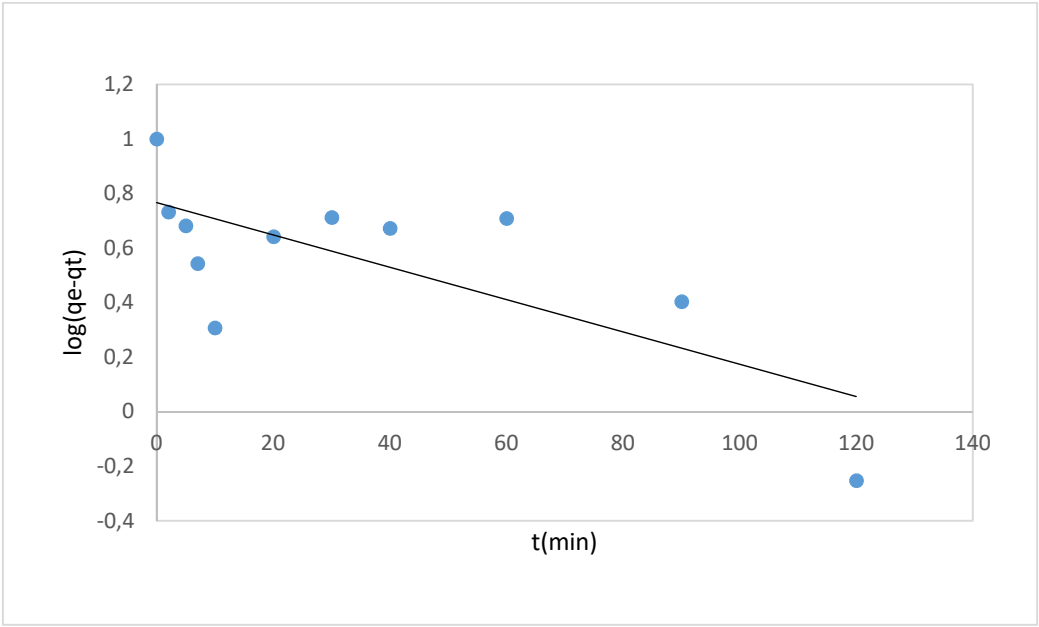


Figure IV.12: Modèle cinétique du pseudo-premier ordre de l'essai N°02.

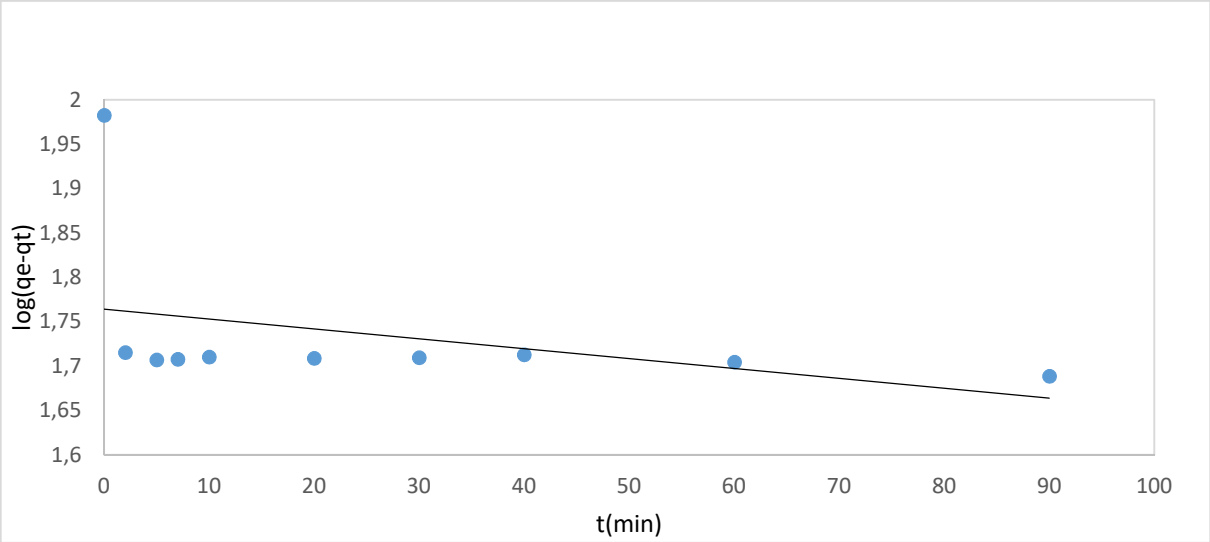


Figure IV.13: Modèle cinétique du pseudo-premier ordre de l'essai N°03

D'après les figures (IV13 ; IV14 ; IV15), la lecture de ces courbes nous permet de tirer les constations suivantes, il est clair que l'équation de Lagergren du pseudo-premier ordre n'est pas applicable pour l'adsorption du bleu de méthylène pour les trois concentration initial étudie. Les paramètres du modèle cinétique du pseudo-premier ordre sont regroupés dans le tableau IV10.

IV.6.2 Modèle du pseudo-second ordre

L'équation du pseudo-second ordre est souvent utilisée avec succès pour décrire la cinétique de la réaction de fixation des polluants sur l'adsorbant. Le modèle du pseudo-second ordre permet de caractériser la cinétique d'adsorption en prenant en compte à la fois le cas d'une fixation rapide des solutés sur les sites les plus réactifs et celui d'une fixation lente sur les sites d'énergie faible:

Les résultats obtenus en appliquant le modèle cinétique du pseudo-second ordre sont représentés sur les figures suivantes

Essai N°1 :

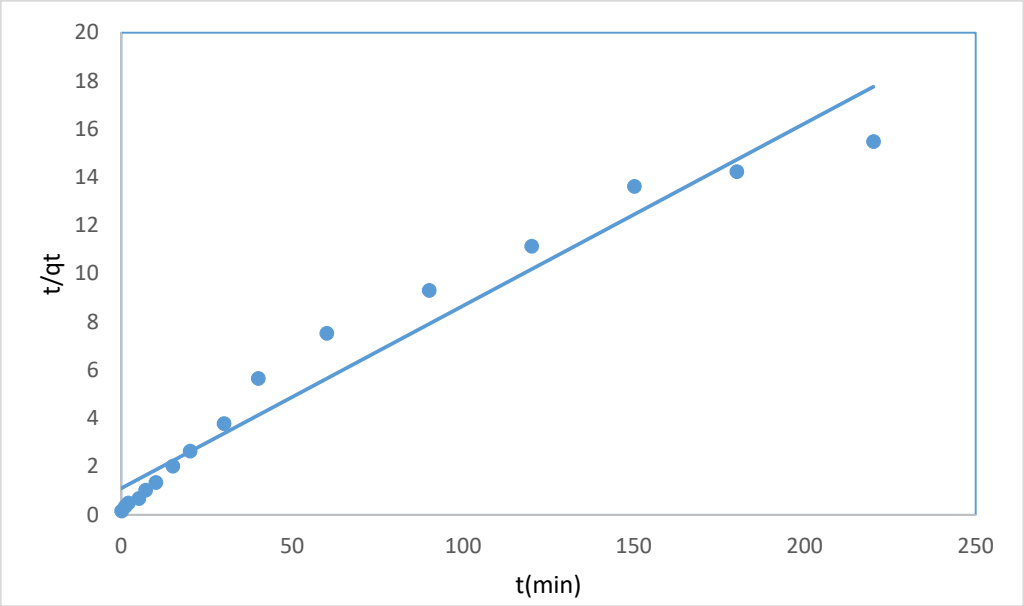


Figure IV.14 Modèle cinétique du pseudo-second ordre de l'essai N°01

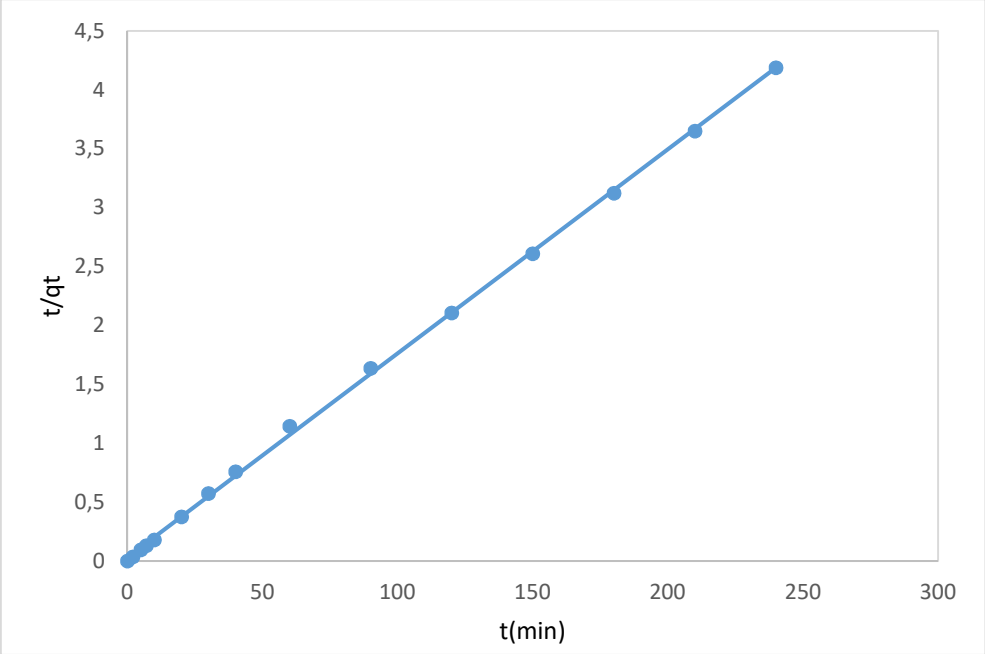
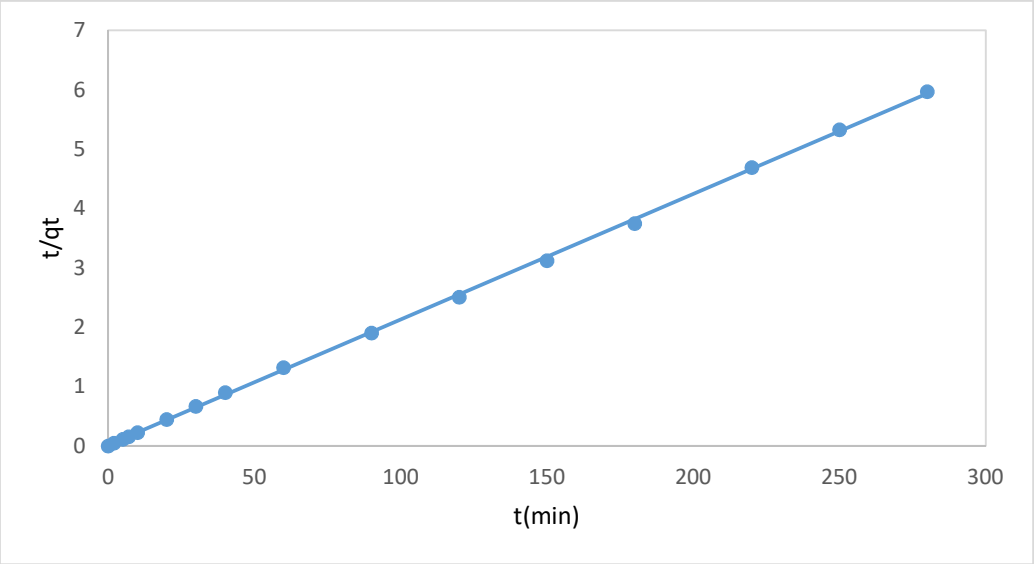


Figure IV.15: Modèle cinétique du pseudo-second ordre de l'essai N°02



FigureIV16. Modèle cinétique du pseudo-second ordre de l'essai N°03

Les figures (IV16; IV17 ; IV18) montrent que les courbe du pseudo-second ordre suivent parfaitement la variation linéaire donnée par l'équation représentative d'une cinétique de pseudo-second ordre. Les paramètres de ces modèles sont recapitulés dans le tableau IV 10

IV. 6.3 Model d'Elovich :

L'équation est basée sur le principe cinétique qui suppose que le nombre des sites d'adsorption augmente exponentiellement avec l'adsorption, ce qui implique une adsorption à multicouches.

Il est décrit par la relation :

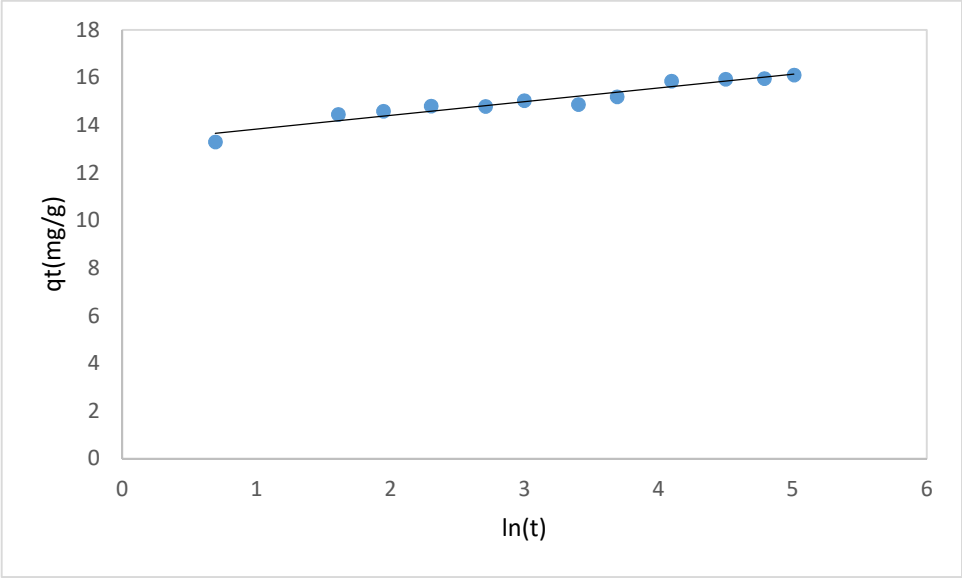
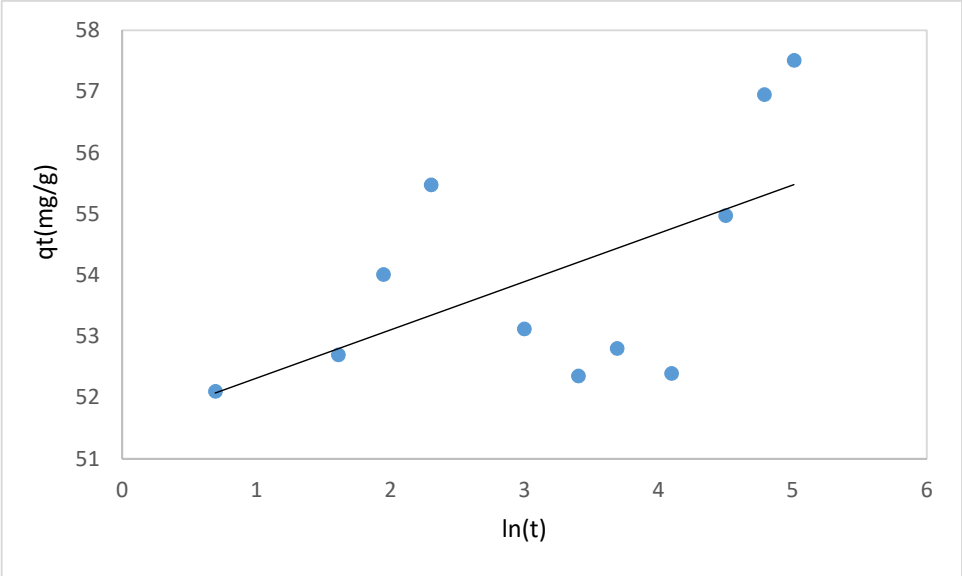


Figure IV.17: model cinétique d'Elovich pour l'essai N°1



FigureIV.18: model cinétique d'Elovich de l'essai N°2

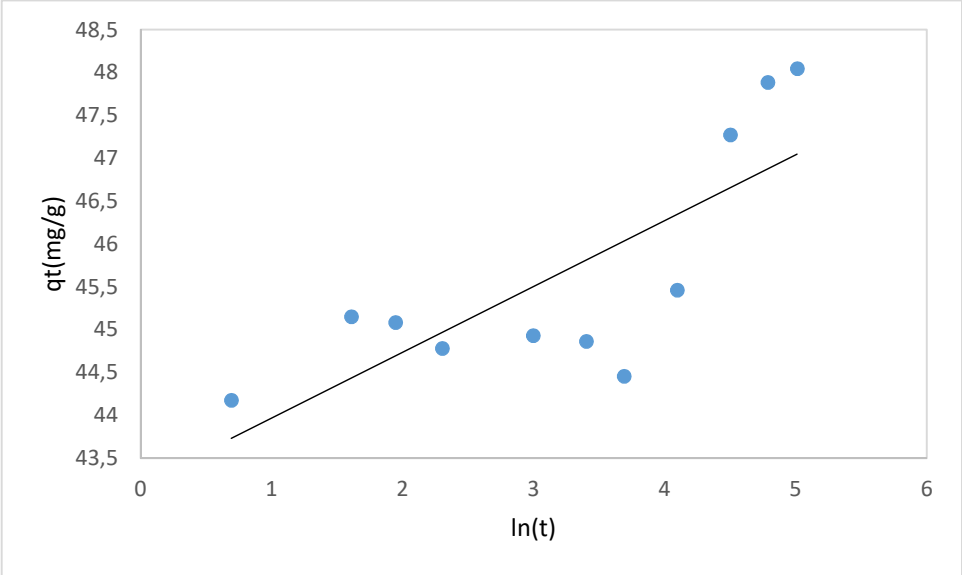


Figure IV.19: model cinétique d'Elovich de l'essai N°3

Lafigure (IV19) de l'essai N°01 montre que le courbe du modèle d'Elovich suit la variation linéaire donnée par l'équation représentative d'Elovich. Par contre les figures (IV20.), le modèle est loin d'être applicable, vue les faibles valeurs de R^2 trouvées. Les paramètres de ces modèles sont recapitulés dans le tableau IV11

tableau IV.5 :les constants de Model du pseudo-premier ordre et du pseudo-seconde ordre

	Model du pseudo-premier ordre				**Model du pseudo-second ordre**			
	K_1	R^2	q_{exp}	q_{th}	K_2	R^2	q_{exp}	q_{th}
Essai N°1	0,0122	0,828	16,1526	1,256	0,00525	0,958	16,1526	13,2100
Essai N°2	0,0059	0,5255	57,6231	5,5937	0,01011	0,9995	57,6231	57,8034
Essai N°3	0,1264	0,736	46,90325	5,4250	0,04406	0,9997	46,90325	47,1698

tableau IV.6 : les constants de elovitch

	Model élovitch		
	1 /β	α	R^2
Essai N°1	0,5355	44 ,909	0,9429
Essai N°2	0,6917	140,065	0,2493
Essai N°3	0,7213	69,14	0,662

D'après les résultats trouvés et les paramètres des modèlescinétiques utilisés, nous constatons pour le cas de la cinétique du pseudo-premier ordre, la quantité adsorbée à l'équilibre, déterminée expérimentalement est différente de celle calculée. Par contre,la quantité adsorbée à l'équilibre, déterminée expérimentalement est plus proche de celle calculée en utilisant le modèle de la cinétique du pseudo-second ordre.

L'équation d'Elovich qui suppose que les sites actifs du sorbant sont hétérogènes a également été utilisée pour interpréter les données expérimentales. Les valeurs R2 pour les tracés de l'équation d'Elovich étaient inferieur à celle du pseudo-second ordre. Par conséquent, le modèle Elovich n'est pas approprié pour décrire les données et le modèle du pseudo-second ordre reste le mieux représentatif. Ce modèle s'applique bien dans le cas des systèmes adsorbant/adsorbât étudiésvules valeurs obtenues des coefficients de détermination R2 qui sont très proches de l'unité.

Conclusion :

Dans ce chapitre, on'a présenter les résultats et leurs interprétations concernant l'adsorption de bleu de méthylène en solutions aqueuses parla biomasse préparée. la cinétique et les modèles d'adsorption sont présentées et discutées. L'objectif étant de mettre en évidence la rentabilité et l'efficacitéd'adsorbant préparé



Conclusion générale

Conclusion générale

Des quantités colossales des résidus naturels sont annuellement jetées dans la nature. Ces résidus peuvent être économiquement valorisés s'ils sont bien exploités.

Dans notre travail nous avons choisi l'adsorption comme un procédé d'élimination pour son efficacité. D'autre part nous avons pris une biomasse issu de l'industrie comme un adsorbant pour la dépollution de l'eau chargé en produit pharmaceutique.

Notre biomasse est un rejet industriel donc, abandonné dans la nature, et utilisé comme engrais dans l'agriculture.la caractérisation de ce type de sorbant montre que l'ensemble des résultats que nous avons obtenus, nous permet d'affirmer que cette biomasse est riche en charges négatives. En effet, la spectroscopie infra-rouge a mis en évidence les groupements chimiques responsables en grande partie de l'adsorption. Il s'agit notamment des groupements (-OH, , -NH2, -CH, C=O).

La grande valeur de pHau point zéro par rapport au pH de la solution montre aussi que la surface externe de notre biomasse à une charge négative.

Les essais d'adsorption du bleu de méthylène ont été réalisé en mode batch. Les résultats obtenus lors de l'étude d'adsorption adsorbant/adsorbatmontrent l'efficacité de cette biomasse dans la purification des eaux contaminés par les polluants pharmaceutique.

L'étude cinétique du bleu de méthylène sur la biomasse, nous a permis de constater que la capacité d'adsorption à l'équilibre augment avec l'augmentation de la concentration initial du bleu de méthylène pour atteindre un maximum d'adsorption à 57,80mg /g après 150 min decontact.

Par ailleurs, nous avons tenté de définir le modèle cinétique qui représente nos résultats expérimentaux, à savoir le modèle du pseudo-premier ordre, modèle pseudo-second ordre et le modèle d'Elovich. En outre les différents modèles utilisés, nous a permis d'aboutir aux constatations suivantes:

lacinétique est contrôlée par le modèle pseudo-secondordre.

Pour le premier essai la valeur de R^2 pour le modèle du pseudo -second ordre est proche de la valeur R^2 pour le modèle d'Elovich, et comme le modèle suppose que les sites actifs du sorbant sont hétérogène. Cela nous a permis de conclure l'hétérogénéité de notre biomasse.

Enfin, nous insistons sur le fait que les résultats obtenus sont encourageants. Aussi, l'avenir il serait intéressant de poursuivre cette étude et ce, l'utilisation des modèles développés qui permet de mieux préciser l'étape qui contrôle le processus d'adsorption. Ainsi que l'utilisation d'autre polluants industriels