



Université ABBES LAGHROUR Khenchela
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Industriel
جامعة عباس لغزور خنشلة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الهندسة الصناعية



N° Série :

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences et génie de l'environnement
Spécialité : Génie des Procédés de l'environnement

Réalisé par :

**MAARGUEB AHLAM
CHAKHRIT AICHA**

THEME

**Etude d'adsorption de colorant de Noir
Eriochrome en phase aqueuse par
charbon actif issu de noyaux de dattes.**

Soutenues le 21/06/ 2018 devant la commission d'examen composée de :

Mme. MECHRI .N

Mr. BENOUNIS .M

Mme. KIHAL .R

M.A.A à l'Université de Khenchela

PROF. à l'Université de Khenchela

M.A.A à l'Université de Khenchela

Présidente

Encadreur

Examinatrice

Promotion 2017/2018

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

À ma mère

À mon père

*À mes frères Azzedine (Azza), Sami et
ma sœur Nesrine et ma belle Khaoula Ath*

*À tous les enseignants
de département du Génie des
Et à tous ceux qui pensent à moi...*

Ahlam

Dédicace

Grâce à dieu tout puissant, nous dédions ce modeste travail à toutes les personnes qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire plus particulièrement :

À mes parents, qui ont toujours consenti pour moi les plus durs sacrifices.

À mes frères lamin, youness, ahmed, hadjer.

À tous mes amis Wahiba, Sohila, Rima, Amina, nada, hala, manel, ahlem,

Dr hala, Dr sara, Dr salma, Dr amina.

À mes amis d'ici et d'ailleurs, qui font partie de ma vie

Remerciements

Nous remercions Dieu de nous avoir donné le courage, la santé, patience et courage de finir ce mémoire.

*Nous tenons à remercier notre directeur de mémoire : **Pr. Benounis M**, qui n'a pas hésité de nous apporter main forte en nous guidant avec ses précieux conseils et remarques.*

Il nous a été d'une grande utilité et il fait preuve d'une grande humilité, modestie et grâce à ses efforts ce modeste travail a fini par voir la lumière.

*Un grand merci à **Mme : Mechri N** pour l'honneur qu'il nous fait en acceptant de présider ce jury.*

*Nos profonds remerciements vont aussi à **Mme Kihal R** d'avoir acceptée d'examiner ce travail.*

Nous tenons à remercier l'université

Abbés Laghror -Khenchela- surtout les enseignants de génie des procédés qui ont laissé leur trace sur notre cursus universitaire.

Enfin, nous remercions toute personne qui a participé, de près ou de loin à réaliser ce mémoire

SYMBOLES LATINS

| | |
|------------------|--|
| Abs | Absorbance |
| Bt | Variation de l'énergie d'adsorption ($J.mol^{-1} .g.mg^{-1}$), |
| C ₀ | Concentration équivalente (mg/l) |
| C _e | Concentration équivalente (mg/l) |
| K _f | Constant de Freundlich ($mg^{1-(1/n)} l^{1/n} g^{-1}$) |
| K _l | Constant de Langmuir (l/g) |
| k _t | Constante de Temkin (Lmg-1) |
| M | Masse d'adsorbant (g) |
| n _f | Coefficient de Freundlich |
| Q _e | Quantité du colorant adsorbée à l'équilibre (mg) |
| q _{max} | Quantité maximale du colorant adsorbée (mg/g) |
| q _t | Quantité du colorant adsorbée à l'instant t (mg/g) |
| T | Tempe (min) |
| T | Température (°C) |
| V | Vitesse d'agitation (tr/min) |
| V | Volume (mg) |
| Ph | Potentiel hydrogène |

ABRIVIATION

| | |
|--------|-----------------------------|
| CA | Charbon actif |
| CAC | Charbon actif commercialisé |
| CAP | Charbon actif en poudre |
| CAG | Charbon actif en grain |
| NET | Noir eriochrom t |
| UV-VIS | Ultra-violet - visible |
| L | Languir |
| F | Freundlich |

SYMBOL GREC

| | |
|---|---------------|
| λ | Longer d'onde |
|---|---------------|

Liste des abréviations

Liste des Tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau I.1 Différents types d'adsorption et leurs caractéristiques | 5 |
| Tableau I.2 Avantage et inconvénients du charbon en poudre | 13 |
| Tableau I.3 : Groupes chromophores classés par intensité décroissante | 17 |
| Tableau II.1 Propriétés du Noir Eriochrome T (NET). | 30 |
| Tableau III.1 Paramètres caractérisant chaque modèle d'adsorption du NET sur le charbon actif commercial | 48 |
| Tableaux III.2 Paramètres caractérisant chaque modèle d'adsorption du NET sur le charbon actif préparé (A9) | 48 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| Figure I.1 : Adsorption physique | 4 |
| Figure I.2 : Adsorption chimique | 5 |
| Figure I.3 : Étape de transfert de soluté vers le charbon actif | 6 |
| Figure I.4 : principaux types des isothermes d'adsorption d'après Giles | 8 |
| Figure I.5 : Charbon actif | 12 |
| Figure I.6 : Charbon actif en poudre | 13 |
| Figure I.7 : Charbon actif en grains | 14 |
| Figure I.8 : Représentation de la structure poreuse de charbon actif | 15 |
| Figure I.9 : Structure d'un colorant indigoïde | 18 |
| Figure I.10 : Molécule triphénylméthane | 18 |
| Figure I.11 : Molécule anthraquinone | 19 |
| Figure I.12 : Colorant xanthènes | 19 |
| Figure I.13 : Structure de l'indigo | 20 |
| Figure I.14 : Structure chimique de la phtalocanine de cuivre | 20 |
| Figure I.15 : Structure moléculaire d'un colorant nitré et nitrosé | 21 |
| Figure II.1 Spectrophotomètre UV-Visible | 28 |
| Figure II.2 Principe de la loi d'absorptiométrie | 28 |
| Figure II.3 Charbon actif | 29 |
| Figure II.4 Formule topologique du Noir Eriochrome T (NET) Mark Daniel G | 29 |
| Figure III.1 Spectre d'absorption du Noir Eriochrome T (10 mg /L) | 33 |
| Figure III.2 : Courbe d'étalonnage obtenue par spectrométrie UV- visible pour le colorant Noir Eriochrome T. | 33 |
| Figure III.3 : Temps de contact de la rétention du NET | 35 |
| Figure III.4 : L'effet de séchage de charbon actif sur la capacité d'adsorption | 35 |
| Figure III.5 : Courbe d'étalonnage à pH =12 | 36 |
| Figure III.6 : Courbe d'étalonnage à pH=2 | 37 |
| Figure III.7 : Influence du pH sur l'adsorption du NET sur charbon actif | 37 |
| Figure III.8 : Effet de la masse de charbon actif sur l'adsorption du NET | 38 |

| | |
|--|----|
| Figure III.9 : Modélisation de l'isotherme d'adsorption de Langmuir sur le charbon actif commercial | 40 |
| Figure III.10 : Modélisation de l'isotherme d'adsorption de Langmuir sur le charbon actif préparé A9 | 41 |
| Figure III.11 : Modèle de Langmuir du NET (T=15°C et pH 6) charbon actif commercial | 41 |
| Figure III.12 : Modèle de Langmuir du NET sur charbon actif préparé A9 (T=15°C et pH 6). | 42 |
| Figure III.13 : Modélisation de l'isotherme d'adsorption de Freundlich sur charbon actif commercial | 43 |
| Figure III.14 : Modélisation de l'isotherme d'adsorption de Freundlich sur charbon actif préparé A9 | 43 |
| Figure III.15 : Isotherme d'adsorption de NET par le charbon actif commercial selon le modèle de Freundlich | 44 |
| Figure III.16 : Isotherme d'adsorption de NET par le charbon actif préparé selon le modèle de Freundlich | 44 |
| Figure III.17 : Modélisation de l'isotherme d'adsorption de Temkin sur charbon actif commercial | 45 |
| Figure III.18 : Modélisation de l'isotherme d'adsorption de Temkin sur charbon actif préparé A9 | 46 |
| Figure III.19 : Isotherme d'adsorption de NET par le charbon actif commercial | 46 |
| Figure III.20 : Isotherme d'adsorption de NET sur le charbon actif préparé selon le modèle de Temkin | 47 |
| Figure III.20 : Isotherme d'adsorption de NET selon les différents modèles appliqués par (a) : charbon actif commercial CAC, (b) : charbon actif préparé(CAP) | 47 |

Sommaire

| | |
|--|----|
| Introduction générale | 1 |
| CHAPITRE I REU BIBLIOGRAPHIQUE SUR L'ADSORPTION PAR CHARBON ACTIF ET LES COLORANTS ORGANIQUES | |
| I.1 Introduction | 3 |
| I.2 Revu sur l'adsorption | 3 |
| I.2.1 Définition et description de l'adsorption | 3 |
| I.2.2 Type d'adsorption | 4 |
| I.2.2.1 Adsorption physique (ou physisorption) | 4 |
| I.2.2.2 Adsorption chimique (ou chimisorption) | 4 |
| I.2.2.3 caractéristique de l'adsorption physique et chimique | 5 |
| I.2.3 mécanisme d'adsorption | 5 |
| I.2.4 Facteurs influençant l'équilibre d'adsorption | 6 |
| I.2.4.1 Surface spécifique | 6 |
| I.2.4.2 Porosité | 7 |
| I.2.4.3 Nature de l'adsorbat | 7 |
| I.2.5 Isotherme d'adsorption | 7 |
| I.2.5.1 Type d'isotherme | 7 |
| I.2.6 Modélisation des isothermes d'adsorption | 9 |
| I.2.6.1 Isotherme de Langmuir | 9 |
| I.2.6.2 Isotherme de Freundlich | 9 |
| I.2.6.3 Isotherme de Temkin | 10 |
| I.3 Revu de charbon actif | 10 |
| I.3.1 Généralités sur le charbon actif | 10 |
| I.3.2 Origines et fabrication de charbon actif | 11 |
| I.3.3 Type de charbon actif | 12 |
| I.3.3.1 Charbon actif en poudre (CAP) | 12 |

| | |
|--|----|
| I.3.3.2 Charbon actif en grains (CAG) | 13 |
| I.3.4 Texture du charbon actif | 14 |
| I.3.4.1 Surface spécifique (aire massique) | 15 |
| I.3.4.2 Porosité | 15 |
| I.3.5 Domaines d'utilisation du charbon actif | 15 |
| I.3.5.1 Filtration | 15 |
| I.3.5.2 Chimie | 15 |
| I.3.5.3 Industrie | 16 |
| I.3.5.4 Médecine | 16 |
| I.4. Généralités sur les colorants | 16 |
| I.4.1 Introduction | 16 |
| I.4.2 Définition des colorants | 17 |
| I.4.3 Classification des colorants | 17 |
| I.4.4 Classification chimique | 17 |
| I.4.5 Propriétés acido-basiques des colorants | 21 |
| I.4.5.1 Colorant basique | 22 |
| I.4.5.2 Colorant acide | 22 |
| I.4.6 Utilisation et application des colorants | 22 |
| I.4.7 Toxicité et impact sur l'environnement | 22 |
| I.4.8 Effets néfastes des colorants sur l'homme et l'environnement | 22 |
| I.4.9 Élimination des colorants | 25 |
| I.5 Conclusion | 26 |

CHAPITRE II

MATÉRIELS ET MÉTHODES D'ANALYSES ET DE PRÉPARATION

| | |
|-----------------------------------|----|
| II.1 Introduction | 27 |
| II.2 Matériels | 27 |
| II.3 Spectrophotomètre UV-Visible | 27 |
| II.4 Produits utilisés | 28 |

| | |
|---|----|
| II.5 Préparation des solutions du colorant Noir Eriochrome T(NET) | 30 |
| II.6 Protocole expérimental d'adsorption | 30 |
| II.7 Conclusion | 31 |

CHAPITRE III

ÉLIMINATION DU NOIR ERIOCHROM T PAR CHARBON ACTIF COMMERCIAL ET PREPARATION APARTIR NOYAUX DE DATTE

| | |
|---|----|
| III.1 Introduction | 32 |
| III.2 Élimination du Noir Eriochrome T(NET) sur le charbon actif commercial et le charbon actif préparé | 32 |
| III.2.1 caractéristique spectrophotométrique du Noir Eriochrome T (NET) | 32 |
| III.2.2 Courbe de calibration | 33 |
| III.3 Équilibre d'adsorption | 34 |
| III.3.1 Étude du temps de contact | 34 |
| III.4 Influence de paramètres opératoires sur l'adsorption | 35 |
| III.4.1 Effet de séchage du charbon actif | 35 |
| III.4.2 Effet du pH | 36 |
| III.4.3 Effet de la masse du charbon actif sur la quantité adsorbée | 38 |
| III.5 Étude des isothermes d'adsorptions de NET sur le charbon actif commercial et le charbon actif préparé | 39 |
| III.5.1 Modélisation | 39 |
| III.5.1.1 Modèle de Langmuir | 39 |
| III.5.1.2 Modèle de Freundlich | 42 |
| III.5.1.3 Isotherme de Temkin | 44 |
| III.6 Conclusion | 49 |
| Conclusion générale | 50 |

INTRODUCTION

GENERAL

Introduction générale

Les effluents d'origine industrielle, agricole et domestique sont souvent chargés de polluants peu ou non biodégradables. Certains de ses effluents sont très chargés en colorants acides ou basiques et des sels. Le temps où la nature s'auto épure est révolu. Cette capacité génératrice est dépassée à cause de nos rejets toxiques liquides, solides ou gazeux, de plus en plus importants. Par conséquent, la problématique de l'environnement fait désormais partie intégrante des stratégies de développement conçues et mises en œuvre dans chaque pays. Par exemple, les rejets de l'industrie du textile constituent d'énormes nuisances pour la santé humaine, en particulier les différents colorants qui sont utilisés en excès pour améliorer la teinture. Le traitement biologique de ces rejets est difficile, ce qui constitue une source de dégradation de l'environnement. Certains colorants lors de leur dégradation produisent des substances cancérigènes et des produits toxiques. La technique d'adsorption est le procédé de traitement actuel orienté vers les charbons actifs. Ce traitement est particulièrement efficace pour enlever la matière organique naturelle dissoute. L'utilisation de l'adsorption sur charbon actif pour l'élimination de micro polluant dans l'eau destinée à la consommation est de plus en plus fréquente.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail qui consiste en une étude des équilibres d'adsorption d'un colorant synthétique (NET) sur une suivie d'une optimisation de la capacité d'adsorption. En effet, dans la première partie nous avons étudié l'influence des paramètres opératoires, à savoir, pH, la masse de l'adsorbât, et d'élimination du colorant noir Eriochrome T (NET), par un charbon actif. Suivie d'une étude cinétique.

Partie I : on y trouve une synthèse bibliographique, organisée autour de trois chapitres : le premier chapitre est consacré à l'étude bibliographique du phénomène d'adsorption. On donne dans le chapitre second un aperçu général sur les colorants accompagné des techniques d'élimination des colorants textiles dans les eaux usagées.

Partie II : Dans cette partie sont présentés le matériel et les réactifs. On y décrit les appareillages.

Partie III : Dans cette partie on y présente les résultats obtenus et leur discussion par rapport à ceux de la littérature.

Ces résultats concernant :

- L'adsorption du colorant Noir Eriochrome T par charbon actif (CA) ;
- La modélisation de l'isotherme l'adsorption du NET par charbon actif (CA).

Enfin, nous terminons, cette étude par une conclusion générale, résumant l'ensemble des données expérimentales obtenues.

CHAPITRE I

REU BIBLIOGRAPHIQUE SUR
L'ADSORPTION PAR CHARBON ACTIF
ET LES COLORANTS ORGANIQUES

Chapitre I REVU BIBLIOGRAPHIQUE SUR L'ADSORPTION PAR CHARBON ACTIF ET LES COLORANTS ORGANIQUES

I.1 Introduction

Le terme "adsorption" fut utilisé pour la première fois par Kayser pour rendre compte de la « fixation » des molécules d'un gaz ou d'un liquide (espèce adsorbable) à la surface d'un solide (adsorbant) [1].

Le procédé de séparation par adsorption constitue aujourd'hui une des technologies les plus importantes, elle est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans des domaines très variés, par exemple les industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques [2].

Les charbons actifs sont, de loin, les adsorbants les plus fabriqués et les plus utilisés industriellement [3].

Les colorants sont utilisés dans de nombreux secteurs industriels tels que les teintures du textile, du papier, du cuir et dans les industries alimentaires et cosmétiques. Les colorants ont la réputation d'être des substances toxiques et persistantes dans l'environnement ils nécessitent des techniques physico-chimiques pour les dégrader.

Cette étude bibliographique porte deux parties : la première partie présente une généralité sur le procédé d'adsorption : les types, les facteurs influençant l'adsorption et les isothermes, la seconde partie s'intéresse au le charbon actif, présente leur origine, les différentes formes et leur Texture. La seconde partie s'intéresse au les colorant Classification des colorants, Utilisation et application des colorants, Application des colorants, Toxicité et dangers.

I.2. Revu sur l'adsorption

I.2.1. Définition et description de l'adsorption

L'adsorption est un processus de séparation au cours duquel des molécules d'un fluide (liquide ou gaz) viennent se fixer sur la surface d'un matériau solide, appelé adsorbant. C'est actuellement une des techniques de séparation les plus utilisées pour séparer, complexer et rifler des liquides et des gaz dans des domaines variés, allant des industries chimiques

pharmaceutiques, aux applications environnementales. En particulier, l'adsorption liquide - solide est l'un des deux traitements (avec la biodégradation) les plus répandus dans la dépollution des eaux. La séparation par adsorption est basée sur une adsorption sélective (thermodynamique et/ou cinétique) des polluants (appelés adsorbats) par un adsorbant grâce à des interactions spécifiques entre la surface du matériau adsorbant et les polluants adsorbés : c'est un simple transfert de masse à partir de la phase liquide vers la surface du solide [4].

I.2.2. Type d'adsorption

Les interactions adsorbat-adsorbant mettent en évidence deux types d'adsorption :

I.2.2.1. Adsorption physique (ou physisorption)

Le premier type est l'adsorption physique (physisorption) où l'interaction du polluant avec la surface peut se faire simplement grâce aux forces d'attraction physiques (interactions intermoléculaires, forces de polarisation, dipôle, forces de Van der Waals...) [5].

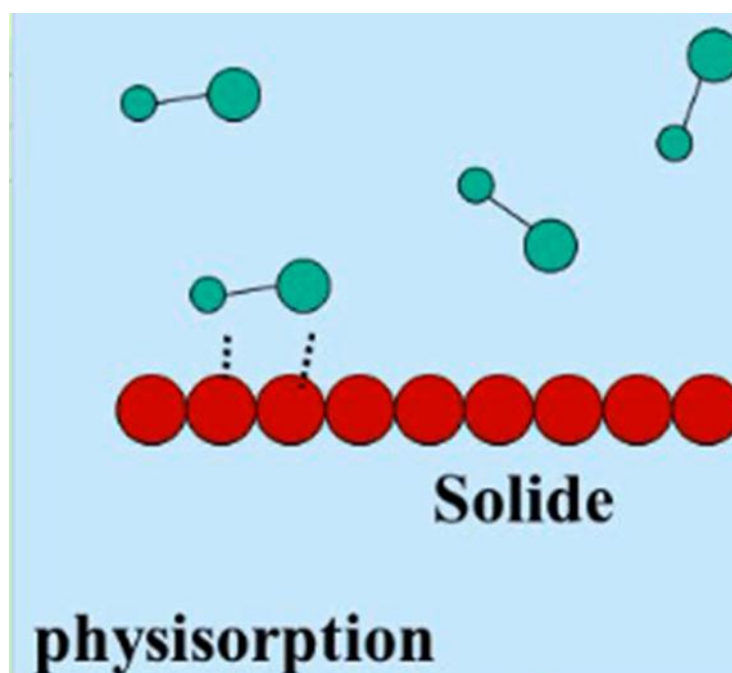


Figure I.1 : Adsorption physique.

I.2.2.2. Adsorption chimique (ou chimisorption)

La chimisorption est caractérisée principalement par de grands potentiels d'interaction qui conduisent à des chaleurs d'adsorption élevées qui s'approchent de la valeur des liaisons chimiques. Ce fait, associé à d'autres mesures spectroscopiques, de résonance de spin électronique et de susceptibilité magnétique, confirme que la chimisorption implique le

transfert d'électrons et la formation de véritables liaisons chimiques entre l'adsorbat et la surface solide [6].

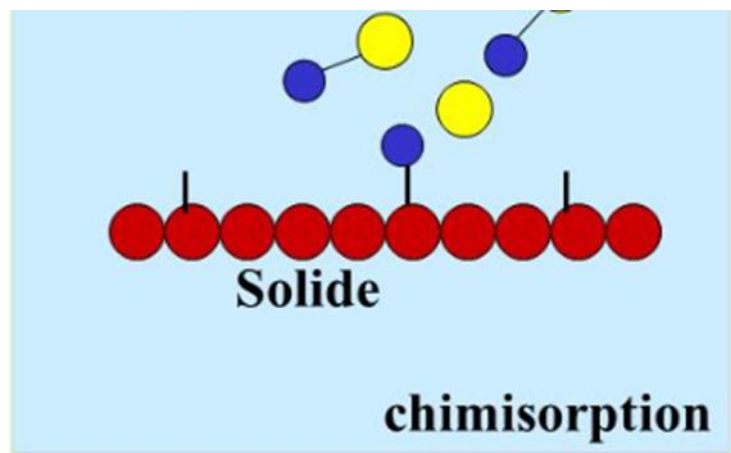


Figure I.2 : Adsorption chimique.

I.2.2.3. Caractéristiques de l'adsorption physique et chimique

Les caractéristiques d'adsorption physique et chimique sont représentées sur le **tableau I.1**

Tableau I.1 : Différents types d'adsorption et leurs caractéristiques [7].

| Type d'adsorption | Caractéristiques |
|--|---|
| Adsorption physique (physisorption) | Non sélective. Faible énergie. La quantité adsorbée dépend de la surface. Il n'y a pas de rupture de la molécule. L'énergie des liaisons est inchangée. |
| Adsorption chimique associative (chimisorption) | Sélective. Dépend du gaz et du solide. Énergie d'adsorption plus élevée que celle de la physisorption. L'énergie des liaisons est modifiée, mais la molécule est conservée. |
| Adsorption chimique dissociative (chimisorption) | Sélective. Dépend du gaz et du solide. Énergie d'adsorption plus élevée que celle de la physisorption. Les liaisons sont rompues. La molécule est adsorbée sous forme de fragments. |

I.2.3. Mécanisme d'adsorption

L'adsorption se produit principalement en trois étapes, intervenant chacune dans l'expression de la vitesse totale :

- Diffusion des molécules de l'adsorbat au travers du film liquide entourant les particules de charbon actif.
- Transfert des molécules de l'adsorbat de la phase liquide à la phase solide.
- Diffusion le long des parois des macropores.
- Diffusion lente du soluté des macropores vers les micropores.
- Fixation sur les sites actifs.

Les trois premières étapes se déroulent pratiquement vite, contrairement aux deux dernières qui sont beaucoup plus lentes [8].

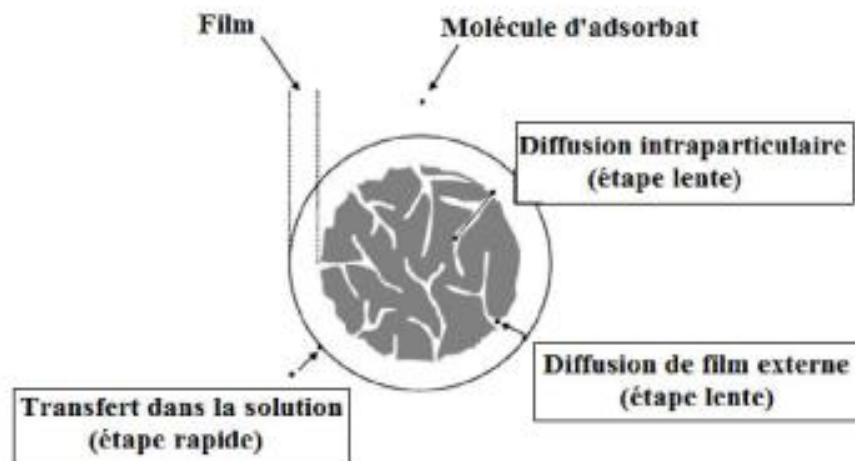


Figure I.3 : Étape de transfert de soluté vers le charbon actif [9].

I.2.4. Facteur influençant l'équilibre d'adsorption

L'équilibre d'adsorption entre l'adsorbant et l'adsorbat sera influencé par de nombreux paramètres.

I.2.4.1. Surface spécifique

La dépendance de la cinétique d'adsorption à la dimension de la surface externe des particules est fondamentale pour l'utilisation d'un adsorbant cette surface spécifique externe ne représente pourtant qu'une portion d'une minime de la surface disponible d'adsorption [10].

I.2.4.2. Porosité

La porosité est liée à la répartition de la taille des pores. Elle reflète la structure inerte de l'adsorbant microporeux [11].

I.2.4.3. Nature de l'adsorbat

- **polarité**

Un soluté polaire aura plus d'affinité pour l'adsorbant, selon lequel est le plus polaire [12].

- **Température**

L'adsorption est un phénomène endothermique ou exothermique suivant le matériau adsorbant et la nature des molécules adsorbées [13].

I.2.5. Isothermes d'adsorption

Tous les systèmes adsorbant/adsorbat ne se comportent pas de la même manière. Les phénomènes d'adsorption sont souvent abordés par leur comportement isotherme. Les courbes isothermes décrivent la relation existante à l'équilibre d'adsorption entre la quantité adsorbée et la concentration en soluté dans un solvant donné à une température constante [14].

I.2.5.1. Type d'isotherme

Les isothermes ont fait l'objet d'une classification dans le cas de l'adsorption positive qui conduit à les répartir en quatre catégories principales selon la valeur de la pente initiale [15].

- **Type L**

La pente de l'isotherme est grande, mais finie à l'origine et diminue quand la concentration augmente. Ce comportement est attribué d'une affinité de la surface pour le soluté relativement grande par rapport au solvant (l'eau pour le sol) et a une diminution du nombre de sites d'adsorption quand la concentration augmente. Ce type d'isothermes est très fréquemment observé pour des systèmes très variés.

- **Type S**

Ces isothermes d'adsorption sont caractérisées par une pente qui est petite initialement puis augmente beaucoup avec la concentration de la solution en équilibre avec la phase solide. L'interprétation généralement proposée est que l'affinité de la surface pour le soluté est plus petite que pour le solvant aux petites concentrations. Cette affinité augmente au fur et à mesure de l'augmentation de la quantité adsorbée en raison de l'apparition d'interactions latérales entre les molécules adsorbées.

- **Type H**

Il s'agit d'un cas particulier du type L caractérisé par une pente à l'origine infinie qui est attribuée à une très grande affinité de la surface adsorbante pour le soluté comme c'est le cas de l'adsorption d'hydrocarbures sur des substrats organiques.

- **Type C**

La pente de l'isotherme est constante et traduit deux situations théoriquement possibles. La première correspondrait, non pas une adsorption véritable, mais à un partage du soluté entre la phase liquide et la phase solide. La deuxième pourrait être due à l'accroissement de la surface adsorbante au fur et à mesure que l'adsorption progresse, interprétation qui a été proposée pour expliquer l'adsorption d'acides aminés sur la montmorillonite saturée par Ca^{2+} . La première interprétation est très discutable, d'autant que la linéarité de l'isotherme d'adsorption peut seulement provenir des conditions expérimentales. Ce type d'isothermes est très souvent observé.

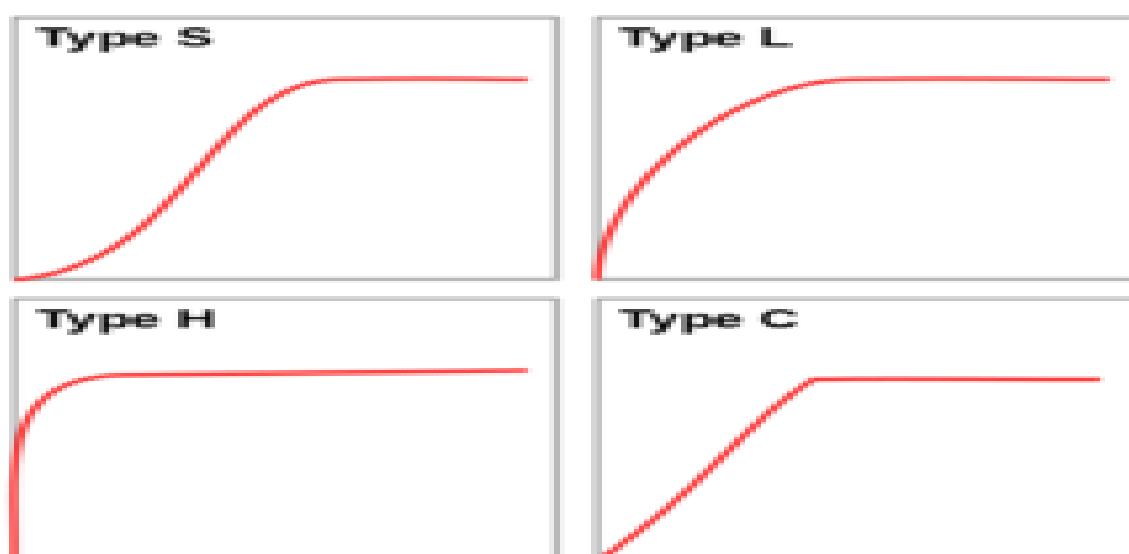


Figure I.4 : principaux types des isothermes d'adsorption d'après Giles.

I.2.6. Modélisation des isothermes d'adsorption

I.2.6.1. Isothermes de Langmuir

Le premier, le physicien américain Irving Langmuir (1881-1957) élabore un modèle d'isotherme basé sur quatre hypothèses :

- L'adsorption est réversible, donc essentiellement physique, et conduit à un équilibre dynamique entre espèces libres et adsorbées,
- Tous les sites d'adsorption sont équivalents
- L'aptitude d'une molécule à s'adsorber sur un site donné est indépendante de l'occupation des sites voisins,
- La surface du solide est uniforme, c'est-à-dire parfaitement plate à l'échelle microscopique.

L'isotherme de Langmuir est représentée par l'équation suivante :

$$q_e = \frac{C_e q_m K_L}{1 + C_e K_L} \dots \dots \dots \text{I.1.}$$

q_e : est la quantité adsorbée du soluté à l'équilibre (mg/g ou mmol/g)

C_e : est la concentration du soluté à l'équilibre (mg/L ou mmol/L)

Les paramètres q_m (mg/g ou mmol/g) et K_L (L.mg⁻¹ ou L.mmol⁻¹) représentent respectivement la capacité maximale d'adsorption et le rapport des constantes de vitesses d'adsorption et désorption. Ce modèle ne prend en compte ni les empilements moléculaires ni les modifications d'énergies d'interaction avec le taux de recouvrement. La linéarisation et la présentation graphique de l'équation (1) en C_e/q_e en fonction de C_e permettent de déterminer Q_m et K_L .

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m \cdot K_L} \frac{1}{C_e} \dots \dots \dots \text{I.2.}$$

I.2.6.2. Isotherme de Freundlich

Dans de nombreux cas, l'isotherme d'adsorption peut être représentée d'une manière satisfaisante par l'équation la plus ancienne et qui a été proposée par Freundlich.

L'équation de Freundlich est donnée sous la forme :

$$q_e = K_f \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots \mathbf{I.3.}$$

Avec :

C_e : Concentration à l'équilibre, exprimé en (mg/l).

q_e : Quantité du produit adsorbé par unité de masse d'adsorbant exprimé en (mg/g).

K_f : Constante de Freundlich caractérisant le pouvoir adsorbant du solide.

$\frac{1}{n}$: Constante de Freundlich caractérisant l'affinité du produit pour adsorbant

L'isotherme de Freundlich est généralement représentée sous sa forme linéarité

$$\mathbf{Ln (q_e) = Ln (K_f) + \frac{1}{n} Ln (C_e) \dots\dots\dots \mathbf{I.4.}$$

On constate que cette isotherme ne prévoit pas de limite supérieure pour l'adsorption ce qui implique qu'elle n'est pas applicable dans le domaine des taux de recouvrement élevés [16].

I.2.6.3. Isotherme de Temkin

La dérivation de l'isotherme de Temkin suppose que l'abaissement de la chaleur d'adsorption est linéaire plutôt que logarithmique et l'absorption est caractérisée par une distribution uniforme des énergies de liaison jusqu'à une certaine énergie maximale de liaison. L'isotherme de Temkin est représentée par l'équation suivante :

$$q_e = \left(\frac{RT}{b_t}\right) \mathbf{Ln}(k_t) + \left(\frac{RT}{b_t}\right) \mathbf{Ln}(C_e) \dots\dots\dots \mathbf{I.5.}$$

Avec :

q_e : quantité adsorbées à l'équilibre (mg/g),

k_t : constante de Temkin (Lmg^{-1}),

C_e : concentration du soluté à l'équilibre (mg/l),

R : constante universelle de gaz parfaits $8.314 (j.mol^{-1} .K^{-1})$,

T : température absolue (K),

b_t : variation de l'énergie d'adsorption ($J.mol^{-1} .g.mg^{-1}$),

I.3. Revu de charbon actif

I.3.1. Généralité sur charbon actif

Le charbon actif est un produit adsorbant obtenu à partir de matières premières riches en carbone (le bois la tourbe, le charbon, le lignite, l'écorce de coco...). Toutes matières premières organiques qui contiennent du carbone, est a priori susceptibles de convenir pour l'obtention de charbon actif. Le choix de la matière première sera essentiellement dépendant des possibilités d'approvisionnement locales permettant des prix de revient compétitifs.

Néanmoins, les matières premières utilisées conditionneront en grande partie la qualité finale du charbon actif. Une fois ces matières premières sélectionnées, elles sont activées physiquement ou chimiquement dans des fours d'activation. Par cette activation on obtient, une structure de carbone hautement poreuse et très active.

I.3.2. Origines et fabrication de charbon actif

Le charbon actif est un carbone microporeux inerte qui a subi un traitement afin d'augmenter sa surface interne. Il possède ainsi une très grande surface spécifique pouvant aller de 500 à 1500 m² par gramme de charbon actif. Cela lui permet d'avoir une grande capacité d'adsorption et de faciliter les réactions chimiques. Sa structure est proche de celle du graphite, ordonné sous la forme d'un empilement de couches successives planes d'atomes de carbone disposés en hexagones réguliers.

Il existe différents types de charbons actifs, selon le matériau source et selon leur forme physique. Le charbon actif peut être produit à partir de toute matière organique végétale riche en carbone : bois, écorces, coques de noix de coco, coques de cacahuètes, noyaux d'olives, ou bien de houille, tourbe, lignite, résidus pétroliers. On peut le trouver sous forme de charbon actif en poudre (CAP), de charbon actif en grains (CAG) ou de charbon actif extrudé (CAE) [17].



Figure I.5 : Charbon actif.

– **Origine végétale**

Il existe multitude de productions d'origine végétale qui peuvent intervenir dans la synthèse des charbons actifs et sous différentes formes variées

- Déchets agricoles non utilisable exemple : noyaux de fruit, couque de noix de coco, bagasse de canne à sucre.
- Paille et enveloppes de céréales exemple : blé de riz.
- Arbre sous forme de copeaux ou de sciure de bois exemple : Bouleau, chêne, eucalyptus, lignite.

Le charbon actif est disponible sous deux formes différentes : en **poudre** ou en **granulé**.

– **Origine animale**

Les charbons activés sont essentiellement obtenus à partir d'ossements d'animaux, mais aussi à partir de leur sang voire de leur chair.

– **Origine minérale**

Les charbons actifs sont obtenus en 4 majorités à partir de matériaux combustibles comme le charbon minéral (houille, coke) ou la tourbe.

I.3.3.1. Type de charbon actif

I.3.3.1. Charbon actif en poudre (CAP)

Le charbon actif en poudre ou CAP prend la forme de grains de taille comprise entre 10 et 50 μm et il est généralement utilisé en combinaison avec un traitement clarificateur. Le CAP est ajouté continuellement avec l'eau à traiter avec des agents flocculant. Il est recommandé d'utiliser des clarificateurs pour augmenter le temps de contact entre le charbon et l'eau. La dose d'ozone nécessaire dans le cadre d'un inter oxydation est alors réduite. La principale conséquence est que le nombre de sous produits d'ozonation diminue



Figure I.6 : Charbon actif en poudre.

Tableau I.2 : Avantage et inconvénients du charbon en poudre [18].

| Avantages | Inconvénients |
|---|--|
| Les CPA sont environ 2 à 3 fois moins chers les CAG (peu coûteux). | Le charbon actif ne peut être régénéré quand il est mélangé avec des boues d'hydroxyde. |
| Des quantités supplémentaires être rajoutée en cas de points de pollution accidenté ou temporaires. | Il est difficile d'enlever les dernières traces d'impureté sans de charbon actif en poudre. |
| L'adsorption est rapide dans la mesure où est directement disponible. | La détection des pointes de pollution est problématique et sa concentration applicable est limitée à 80 mg.L ⁻¹ |

I.3.3.2. Charbon actif en grains (CAG)

L'élimination des micropolluants organiques et de la matière organique est l'enjeu majeur de l'emploi du CAG. Les pesticides et les composés sapides sont les principaux micropolluants organiques. L'élimination de la matière organique sous forme de carbone organique dissous biodégradable fait appel aux phénomènes d'adsorption et de biodégradation. Cette bio élimination est rendue possible par la présence d'une biomasse colonisatrice de la surface du charbon, cette colonisation du filtre demande 1 à 2 mois. [19].



Figure I.7 : Charbon actif en grains.

I.3.4. Texture du charbon actif

La texture du charbon actif se caractérise essentiellement par deux paramètres qui sont l'aire du spécifique et la porosité. Ils sont essentiels pour la détermination des capacités et des cinétiques d'adsorption. Une classification simple permet de distinguer trois sortes de pores. Il s'agit des :

- **Macropores :** Ils possèdent un rayon compris entre 500 et 1000 Å et peuvent atteindre jusqu' à 20000 Å. L'ordre de grandeur de leurs aires massiques (0.5 à 2 m²/g) montre qu'ils influencent faiblement la capacité d'adsorption.
- **Mésopores :** Ils ont un rayon entre 18-20 Å et 500-1000 Å. Leurs surfaces spécifiques (25à 75 m².g⁻¹) montrent qu'ils peuvent influencer moyennement la capacité d'adsorption. En effet, les phénomènes de condensation capillaire ne peuvent se dérouler qu'à l'intérieur de ces mésopores. Ils sont considérés comme des pores de transition en contrôlant le passage des adsorbats vers les microspores.
- **Micropores :** ils constituent pratiquement l'essentiel de la surface spécifique totale (95%). Leur rayon qui est inférieur à 18-20 Å (de l'ordre de la taille des molécules simples) leur confère un très grand rôle dans le processus d'adsorption. Concernant le pouvoir adsorbant du charbon actif, il a été clairement établi que la porosité peut limiter la capacité de ce matériau vis-à-vis des molécules complexes, principalement celles à haut poids moléculaire. Ce qui contrôler la vitesse de diffusion des substrats à l'intérieur des particules du charbon actif [20].

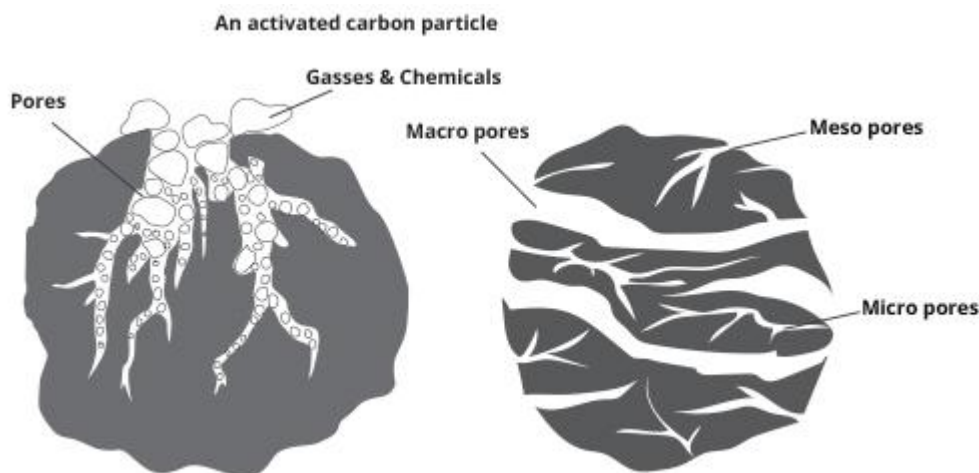


Figure I.8 : Représentation de la structure poreuse de charbon actif.

1.3.4.1 Surface spécifique

La surface développée par le charbon actif et qui tient compte de toutes les irrégularités existantes à l'échelle moléculaire. Elle est rapportée à l'unité de masse de charbon et peut atteindre $2700 \text{ m}^2/\text{g}$ [21].

1.3.4.2 Porosité

Représente la fraction du vide existant dans le charbon actif. Elle peut atteindre 80 % et dépend des dimensions des pores et de leurs distributions. Les pores sont généralement classés suivant leurs tailles en trois catégories comme l'indique le tableau 08 et la figure 05 ci-dessous [22].

1.3.5. Domaines d'utilisation du charbon actif

1.3.5.1. Filtration

- Décontamination de l'eau potable : le charbon actif retient un grand nombre de composés organique, tels les pesticides. Cet usage représente 20% du marché mondial.
- Masques à gaz ;
- Filtres à cigarettes ;
- Filtres utilisés dans les installations de ventilation en circuit fermé (hotte de cuisine par exemple) ;
- Egalement des utilisé pour filtre les polluants organiques.

1.3.5.2. Chimie

- Décoloration des eaux : potable et autres liquides alimentaires (boisson gazeuse, etc.).
- Décoloration du sucre ;
- Décoloration du café ;

- Support pour métaux catalytiques ultras divisés, par exemple, sur le charbon actif,
- Élimination des hydrocarbures dans l'eau.

I.3.5.3. Industrie

- Extraction de l'or de ses minerais ;
- Stockage de l'hydrogène (nano fibre de charbon actif).

I.3.5.4. Médecine

- Traitement de l'intoxication alimentaire.
- Antidote en cas d'intoxication par médicaments, produits chimiques, métaux lourds, détergents, solvants organiques [23].

I.4. Généralités sur les colorants

I.4.1. Introduction

Un colorant doit posséder, outre sa couleur propre, la propriété de teindre. Cette propriété résultant d'une affinité particulière entre le colorant et la fibre, sont à l'origine des principales difficultés rencontrées lors des traitements. En effet, selon le type d'application et d'utilisation, les colorants synthétiques doivent répondre à un certain nombre de critères afin de prolonger la durée de vie des produits textiles sur lesquels ils sont appliqués : résistance à l'abrasion, stabilité des couleurs, résistance à l'oxydation chimique (notamment par les détergents) et aux attaques microbiennes. L'affinité du colorant pour la fibre est particulièrement développée pour les colorants qui possèdent un caractère acide ou basique accentué. Ces caractéristiques propres aux colorants organiques accroissent leur persistance dans l'environnement et les rendent peu disposés à la biodégradation [24].

Les matières colorantes se caractérisent par leur capacité à adsorber 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'adsorption sélective d'énergie par certains groupes d'atomes appelés groupes chromophores. La molécule colorante est un chromogène [25]. Plus le groupement chromophore donne facilement un électron, plus la couleur est intense. (Voire Tableau : groupes chromophores classés par intensité décroissante).

Tableau I.3 : Groupes chromophores classés par intensité décroissante.

| | |
|------------------------------------|--|
| 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 |

I.4.2. Définition des colorants

Les colorants sont des composés organiques capables d'absorber certaines radiations lumineuses et de réfléchir, ou de diffuser les radiations complémentaires [26]. Un colorant est défini comme étant un produit capable de teindre une substance d'une manière durable. Il possède des groupements qui lui confèrent la couleur : appelés chromophores et des groupements qui permettent sa fixation : autochromes [27].

I.4.3. Classification des colorants

Les colorants peuvent être classés selon plusieurs manières :

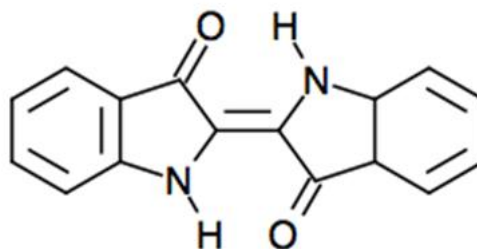
- La couleur.
- L'utilisation prévue.
- Le non-commercial.
- La constitution chimique.
- La base de l'application.

I.4.4. Classification chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupement chromophore qui lui confère la couleur ou selon son groupement auxochromes qui permet sa fixation.

– **Colorants azoïque**

Ils tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent. Ainsi, les homologues sélénié, soufré et oxygéné du bleu indigo provoquent d'importants effets hypsochromrs avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise [28].



Forme indigo

Figure I.9 : Structure d'un colorant indigoïde.

– **Colorants triphénylméthanés**

Les colorants triphénylméthanés dérivent du triphénylméthane, qui est un hydrocarbure possédant trois cycles phényle liés à un carbone central. On retrouve cette structure de base dans un grand nombre de composés organiques colorés.

Les triphénylméthanés sont utilisés intensivement dans les industries papetières et textiles pour teindre le nylon, la laine, la soie et le coton. Leur utilisation ne se limite pas à l'industrie00000

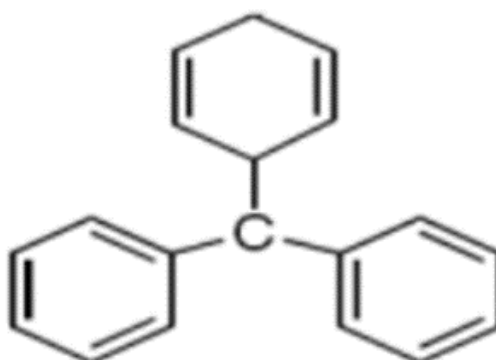


Figure I.10 : molécule triphénylméthane.

– **Colorants anthraquinoniques**

Les colorants anthraquinoniques sont d'un point de vue commercial, les plus importants, après les colorants azoïques. Leur formule générale dérivée de l'antracène montre que le chromophore est un noyau quinonique sur lequel peuvent s'attacher des groupes hydroxyles ou amino. Ces produits sont utilisés pour la coloration des fibres polyester, acétate et tri-acétate de cellulose. La molécule de base de ce groupe de colorants est l'antraquinone qui présente le groupe chromophore carbonyle ($>C=O$) sur un noyau quinonique, qui est le chromogène [29].

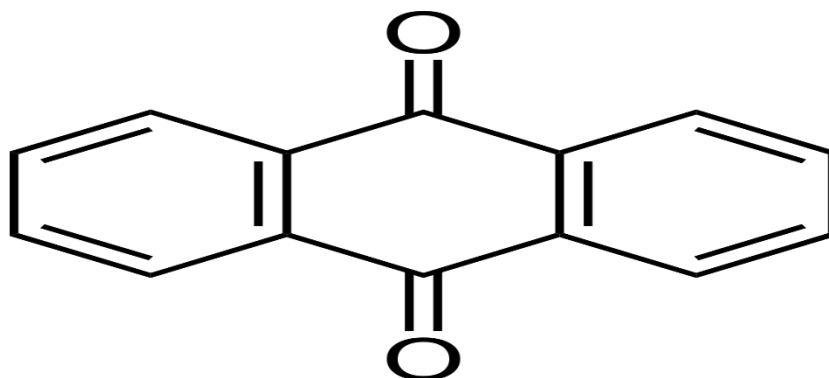


Figure I.11 : molécule anthraquinone.

– Colorants xanthènes

Les colorants xanthènes sont des composés qui constituent les dérivés de la fluorescéine halogénée. Ils sont utilisés comme colorants en alimentaire, cosmétique, textile et impression [30].

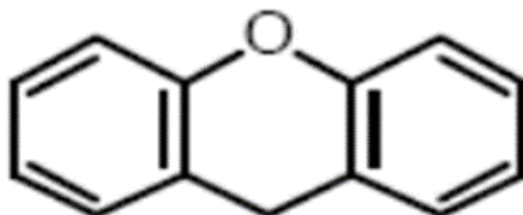


Figure I.12 : Colorants xanthènes.

– Colorants indigoïdes

Les colorants indigoïdes tirent leur appellation de l'indigo dont ils dérivent. Ainsi, les homologues sélénié, soufrés et oxygénés du bleu indigo provoquent d'importants effets

hypsochromes avec des coloris pouvant aller de l'orange au turquoise. Les colorants indigoïdes sont utilisés comme colorants textiles, comme additifs en produits pharmaceutiques en confiserie, ainsi que dans les diagnostics médecine [31]. Le plus important des colorants indigoïdes est l'indigo lui-même, qui a la structure suivante :

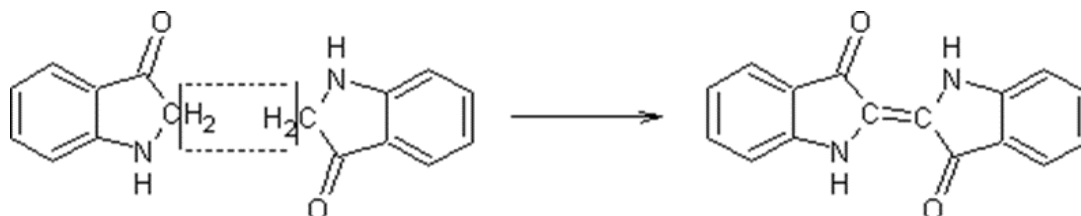


Figure I.13 : Structure de l'indigo.

– Colorants phtalocyanines

Les colorants de ce groupe sont obtenus par réaction du dicyanobenzène en présence d'un halogénure métallique (Cu, Ni, Pt, etc...). Parmi les phtalocyanines, le colorant le plus utilisé, parce que le plus stable est la phtalocyanine de cuivre. Les applications les plus importantes concernent le domaine des pigments.

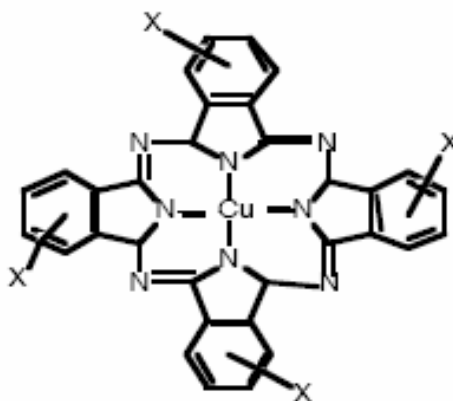


Figure I.14 : Structure chimique de la phtalocanine de cuivre.

– Colorants nitrés et nitrosés

La forment une classe de colorants très limitée en nombre et relativement ancienne. Ils sont actuellement encore utilisés, du fait de leur prix très modéré lié à la simplicité de leur structure moléculaire caractérisée par la présence d'un groupe nitro (-NO₂) en position ortho d'un groupement électro-donneur (hydroxyle ou groupes aminés).

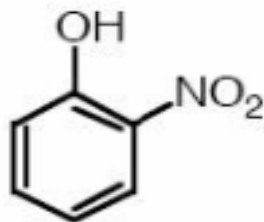


Figure I.15 : Structure moléculaire d'un colorant nitré et nitrosé.

– **Classification tinctoriale**

Si la classification chimique présente un intérêt pour le fabricant de matières colorantes, le teinturier préfère le classement par domaines d'application. Ainsi, il est renseigné sur la solubilité du colorant dans le bain de teinture, son affinité pour les diverses fibres et sur la type ionique, hydrogène, de Van der Waals ou covalent. On distingue différentes catégories tinctoriales définies cette fois par les auxochromes.

– **Colorants acides ou anioniques**

Solubles dans l'eau à leur groupements sulfonâtes ou carboxylates, ils sont ainsi dénommés parce qu'ils permettent de teindre les fibres animales (laine et soie) et quelques fibres acryliques modifiées (nylon, polyamide) en bain légèrement acide.

– **Colorants basiques ou cationiques**

Les colorants basique ou cationique sont des sels d'amines organiques, ce qui leur confère une bonne solubilité dans l'eau. Les liaisons se sont entre les sites cationiques des colorants et les sites anioniques des fibres. En phase de disparaître dans la teinture de la laine et de la soie, ces colorants ont bénéficié d'un regain d'intérêt avec l'apparition des fibres acryliques, sur lesquelles ils permettent des nuances très vives et résistantes.

I.4.5. Propriétés acido-basiques des colorants

Les colorants inusables sont divisés en deux classes générales suivant la nature de leurs groupes chargés.

I.4.5.1 Colorants basiques

Les colorants basiques ont cationique ou ont des groupes chargés positivement. Ils sont généralement sous forme de chlorures ou de sulfates.

I.4.5.2. Colorants acides

Les colorants acides sont anioniques ou possèdent des groupes chargés négativement tel que les groupes carboxyle (-COOH) et hydroxyle des phénols (-OH). Les colorants acides se présentent sous forme de sodium ou de calcium et à cause de leur charge négative se lient aux structures cellulaires chargées positivement [32].

I.4.6. Utilisation et application des colorants

Teinture et impression sur fibre et tissus de tous genres ;

- Teinture du bain de filage des fibres chimiques ;
- Teinture du cuir et des fourrures ;
- Teinture du papier et du parchemin ;
- Teinture des caoutchoucs des feuilles et des matières plastiques ;
- Colorants pour toutes les techniques de la peinture ;
- Préparation des couleurs à la chaux pour les prés colorations et enduits sur bâtiments,
- Colorants pour l'impression des papiers peints ;
- Préparation des encres ;
- Colorations des denrées alimentaires ;
- Colorants pour les emplois médicaux et cosmétiques.

I.4.7. Toxicité et impact sur l'environnement

Les colorants synthétiques représentent aujourd'hui un groupe relativement large de composés chimiques organiques rencontrés dans pratiquement toutes les sphères de notre vie quotidienne.

I.4.8. Effets néfastes des colorants sur l'homme et l'environnement

- **Impact sur l'homme**

L'emploi des colorants dans l'industrie alimentaire, particulièrement les synthétiques, se pose depuis plus d'un siècle. L'histoire a montré que l'usage de ces produits répondait à des considérations socio-psychologiques (l'homme a cherché toujours à se vêtir et à se nourrir selon ses goûts) et économiques. Pour ce dernier point, il faut signaler que le profit qui est pratiquement l'unique objectif du producteur, a poussé ce dernier à intégrer plusieurs colorants dans les divers procédés de fabrication des aliments.

Ceci a engendré des problèmes de santé à l'être humain, à cause de la toxicité de ces composés. Les exemples qui vont être cités illustrent bien ce fait :

Lock (1959) a montré l'existence d'une réaction à la tartrazine. Quelques années plus tard, Juhlin (1972) a relevé des cas d'asthme et d'éruptions cutanées (urticaires) en présence de tartrazine. Gatelain (1977) a signalé des syndromes d'allergie digestive à la suite de la consommation d'aliments contenus dans ce colorant.

L'erythrosine est un colorant utilisé abondamment pour colorer les confiseries de toutes chez les personnes sensibles et chez celles qui en font un large produit de consommation des sensibles et chez celles qui en font un large produit de consommation (les enfants par exemple).

Le Jaune AB et le Jaune OB utilisés dans la coloration du beurre et de la margarine sont assez toxiques. Ils se manifestent par certains symptômes tels que l'irritation du tube digestif et la diminution de la croissance [33].

– Impact sur l'environnement

Les rejets industriels chargés en colorants, dans les rivières, peuvent nuire considérablement aux espèces animales, végétales ainsi qu'aux divers microorganismes vivant dans ces eaux. Cette toxicité pourrait donc être liée à la diminution de l'oxygène dissout dans ces milieux. Par ailleurs leur très faible biodégradabilité, due à leur poids moléculaire élevé et à leurs structures complexes, confère à ces composés un caractère toxique pouvant être élevé ou faible [34].

Dans les conditions précédentes, la dose létale (DL50) reste le meilleur paramètre pour évaluer les effets toxiques causés par ces déversements. Ainsi, une DL50 signifie la mort de

50 % des espèces animales testées en expérimentation. Les données bibliographiques ont mentionné que :

- Les algues peuvent être inhibés (à 35 %) ou stimulées (à 650 %) par les rejets d'effluents dans les industries textiles. Ces résultats ont été obtenus lors des prélèvements effluents sur le côté est des USA.
- Le colorant "noir de l'uxanthol G" est très nocif pour les jeunes guppies à la concentration de 5 mg/L.
- La fuchsine inhibe la croissance des algues et des petits crustacés pour des concentrations minimales de 1mg/L et 20mg /L respectivement.
- Le Bleu de Méthylène est toxique pour les algues et les petits crustacés à partir des concentrations de 0.1 mg/L et 2 mg/L respectivement. Le bleu de victoria, le violet de méthyle, le noir anthracite BT et le vert diamant sont très toxiques pour la faune et la flore à partir des concentrations de 1 mg/L.
- Les colorants cationiques (ou basiques) sont généralement très toxiques et résistent à toute oxydation. En effet, d'autres études ont montré que le colorant cationique (sandocryl orange) est très toxique pour les micro-organismes. En effet, après un temps de contact de 5 jours, le taux d'inhibition a été de l'ordre de 96.5 %. Ce taux, est cependant plus faible avec le colorant acide, le Lanasyn Black (32.8 %) et pratiquement nul avec un autre colorant de cette même famille, le sandolan.
- **Dangers à long terme**
 - **Persistance** : Les colorants organiques synthétiques sont des composés impossibles à épurer par dégradations biologiques naturelles.
 - **Cancer** : Si la plupart des colorants ne sont pas toxiques directement, une portion significative de leurs métabolites l'est. Leurs effets cancérigènes apparaissent après dégradation de la molécule initiale en sous-produits d'oxydation. Les colorants synthétiques organiques les plus cancérigènes sont les colorants diazo et cationique.

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

- **Bioaccumulation** : Si un organisme ne dispose pas de mécanismes spécifiques soit pour empêcher la résorption d'une substance, soit pour l'éliminer une fois qu'elle est

- absorbée. Cette substance s'accumule. Les espèces qui se trouvent à l'extrémité supérieure de la chaîne alimentaire. Y compris l'homme, se retrouvent exposées à des
- teneurs en substances toxiques pouvant être jusqu'à mille fois plus élevées que les concentrations initiales dans l'eau [35].

I.4.9. Élimination des colorants

– Traitement chimique

Les techniques d'oxydation chimique sont généralement appliquées pour le traitement des composés organiques dangereux présents en faibles concentrations, en prétraitement avant des procédés biologiques, le traitement d'eaux usées chargées de constituants résistants aux méthodes de biodégradation et en post-traitement pour réduire la toxicité aquatique.

Les deux réactifs les plus souvent énumérés pour ce type de traitement sont H_2O_2 et le chlore. Le peroxyde d'hydrogène est un oxydant fort et son application pour le traitement des polluants organiques et inorganiques sont bien établie [36].

– Traitement biologique

La présence dans les eaux ou dans le sol, de polluants organiques a toujours existée. Leur élimination par des microorganismes constitue le moyen biologique que la nature a utilisé pour l'épuration des milieux naturels. Ces procédés biologiques se produisent selon deux modes : traitements en aérobie ; ils sont effectués en présence de l'oxygène et traitement en anaérobie dans ce cas les microorganismes dégradent la matière organique en absence de l'oxygène [37].

– Traitement physique

Il existe plusieurs techniques physiques pour le traitement des eaux usées telles que la méthode de précipitation (coagulation, floculation, sédimentation), l'osmose inverse, l'adsorption sur le charbon actif.

L'adsorption est la technique la plus largement utilisée dans le traitement des eaux usées industrielles vu sa mise en œuvre facile et peu coûteuse par rapport aux autres techniques [38].

I.5. Conclusion

L'adsorption c'est une réaction de surface et de différencier entre la physisorption et la chimisorption. Dans ce chapitre, les différentes isothermes d'adsorption ont été présentées, les différents paramètres qui peuvent influencer le procédé d'adsorption ont été exposés aussi. Le l'origine de charbon actif, ses formes, sa texture et les domaines d'utilisation ont été discutés. les colorants organiques, leurs utilisation, leurs toxicité sur l'environnement et santé humaine ont été détaillées dans ce chapitre.

CHAPITRE II

MATÉRIEL ET MÉTHODES D'ANALYSE

ET DE PRÉPARATION

CHAPITRE II

MATRIELS ET MÉTHODES D'ANALYSES ET DE PRÉPARATION

II.1.Introduction

Dans ce chapitre, nous exposons les réactifs et les matériels, ainsi que les méthodes expérimentales et analytiques, propres à l'élimination du colorant.

Notre travail consistait en étude de l'adsorption du colorant Noir Eriochrome T sur un charbon actif commercialisé (CAC) et un charbon actif préparé (CAP), tout au long de l'étude, nous avons essayé d'étudier l'influence des différents paramètres sur les processus d'adsorption, tel que : Tempe de contact, la masse (colorant), pH, e le séchage électrique.

II.2. Matériel

a) Appareillage électrique

- ✓ pH – mètre 7110
- ✓ Balance analytique avec chambre de pesée
- ✓ Agitateur SCIOLOGEX (MS7 -550-pro)
- ✓ Étuve memmert UV 55
- ✓ Spectrophotomètre UV-Visible 1200

II.3. Spectrophotomètre UV-Visible

Les techniques spectrophotométriques ont pour objectif d'obtenir des informations qualitatives ou /et quantitatives sur l'échantillon à analyser en se basant sur les interactions entre la matière et un rayonnement lumineux. L'interaction matière-rayonnement peut donner lieu aux phénomènes d'adsorption. La spectrophotométrie d'absorption UV-Visible consiste à mesurer l'atténuation de la lumière traversant un milieu pour pouvoir déterminer les concentrations des substances absorbantes. Le domaine spectral de l'UV-Visible est largement exploité en analyse quantitative. La loi de Beer-Lambert est une loi additive qui s'applique aux différentes molécules présentes en solution ou pour une même molécule aux différentes formes qu'elle peut prendre. Cette loi est valable pour des solutions diluées.



Figure II.1 : Spectrophotomètre UV-Visible.

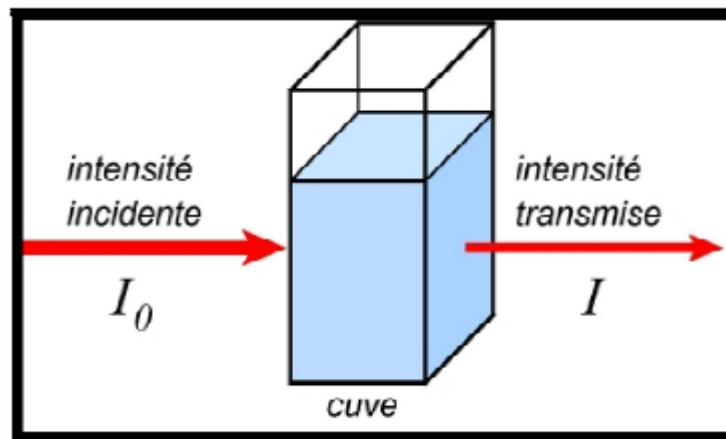


Figure II.2 : Principe de la loi d'absorptiométrie.

Cependant en pratique, cette relation n'est pas toujours vérifiée. On n'obtient pas toujours une droite d'étalonnage. C'est le cas si la concentration devient trop élevée. La gamme de dosage est le domaine dans lequel la droite d'étalonnage est pratiquement une droite. Il est limité pour faible concentration par la limite de détection et pour les fortes concentrations par l'erreur sur la fidélité : à une très forte variation de la concentration correspond une faible variation de l'absorbance. La gamme de dosage est généralement donnée par le constructeur. Elle dépend de la raie de dosage utilisée.

II.4. Produits utilisés

- Acide chlorhydrique (HCl), de masse molaire égale à 0,1M.
- Soude (NaOH), de masse molaire égale à 0,1M.
- Noir ériochrom T, $C_{20}H_{12}N_3NaO_7S$, $M=461.38g/mol$.
- Charbon actif 7440-44-0 l'utilisation du produit.

Charbon actif est utilisé dans la purification de l'eau et de l'air, adsorption (collecte, la récupération, séparation et le raffinage de substances toxiques, adsorption et filtrage radioactivité substance et micro-organisme) dé sulfatation, la récupération de solvant et à vapeur ; catalyseur et supports de catalyseurs.

Pour la variété T: Cette Nouvelle Variété (Tantboucht) (T) est une poudre de granulométrie ($0,425\text{mm} < d < 0,5 \text{ mm}$).

Tableau II.1 : Caractéristiques de charbon actif préparé.

| Nouvelle Variété (Tantboucht) (T) | |
|-----------------------------------|--|
| Granulométrie (mm) | 0,425-0,5 |
| Brut | B4 |
| Conditions de pyrolyse | 900°C, 2 h, 250 ml/min (N ₂), 5°C/min |
| Nomination | P9 |
| Conditions d'activation | 900°C, 2 h, 250 ml/min (CO ₂), 5°C/min |
| Nomination | A9 |



Figure II.3 : Charbon actif commercial.

Le Noir Eriochrome T (NET) est un indicateur coloré utilisé lors des titrages d'ions métalliques en solution par complexation. Par exemple pour déterminer la dureté de l'eau. Dans sa forme protonée, cet indicateur est bleu .Il passe au rouge quand il forme un complexe avec le calcium, le magnésium ou d'autres ions métalliques, sa formule chimique est la suivante : HOCHN=NCH(OH) (NO) SO Na. Le Noir Eriochrome T (NET) (formule ci – dessous) es colorant synthétique largement utilisé dans l'industrie textile, dont la dégradation biologique est difficile.

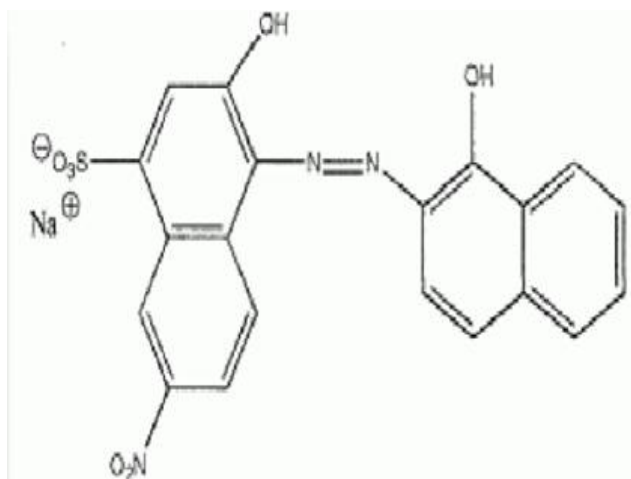


Figure II.4 : Formule topologique du noir ériochrom T (NET) Mark Daniel G.

Tableau II.1 : Propriétés du Noir Eriochrom T (NET).

| | |
|---------------------------|---|
| Formule brute | C ₂₀ H ₁₂ N ₃ NaO ₇ S |
| Masse molaire | 461,38 ± 0,025 g/mol |
| Longueur d'onde maximale | 540 nm |
| Solubilité dans l'eau | (20°C) 50 g/l |
| Solubilité dans l'éthanol | (20°C) 2 g/l |

II.5. Préparation des solutions de Noir Eriochrome T (NET)

Les solutions mères en NET ont été préparées par dissolution d'une masse précise de leur sel dans l'eau distillée. Nous avons préparé des volumes importants (1 litre) de solution mère de colorant à une concentration de 10 mg, L⁻¹. Ces solutions mères sont agitées pour faciliter la dissolution, les solutions filles on étaient obtenues par des dilutions jusqu'aux concentrations désirées. Une courbe d'étalonnage du colorant a été établie pour déterminer les concentrations résiduelles C_e.

II.6. Protocole expérimental d'adsorption

Les essais d'adsorption de colorant noir ériochrom T (NET) sur les charbons actifs commerciaux et le charbon actif préparé ; ont été réalisés dans des flaquant en verre de 25 ml, un échantillon de 5 mg des différents charbons étudiés sont introduits dans 25 ml des solutions de NET de concentrations initiales connues C₀ (en mg.L⁻¹). Le pH initial des

solutions a été ajusté à l'aide d'un pH-mètre 7110, en utilisant des solutions d'HCl (0,1M) et NaOH (0,1M). La série des flacons fermés avec parafilm est disposée sur une plaque d'agitation de température constante de 15 °C et de vitesse de 100 tr /min.

Les suspensions sont filtrées à l'aide de papier filtre en microfibre de verre. Les filtrats sont ensuite analysés par un spectrophotomètre UV-visible à une longueur d'onde maximale $\lambda = 530$ nm afin de déterminer les concentrations résiduelles du colorant en solution. La quantité (q_t) de colorant adsorbée par les charbons actifs.

II.7. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de passer en revue les principales méthodes analytiques adaptées au cours de notre travail. Nous avons présenté les propriétés du Noir Eriochrome T (NET) et les principales caractéristiques de charbon actif commercial et de charbon actif préparé à partir des noyaux de datte. Les différentes étapes des essais d'adsorption sont aussi étudiées et présentées.

CHAPITRE III

ÉLIMINATION NOIR ERIOCHROM T PAR **CHARBON ACTIF COMMERCIAL ET PRÉPARE** **PARTIR NOYAUX DE DATTE**

CHAPITRE III ÉLIMINATION DU NOIR ERIOCHROM T PAR CHARBON ACTIF COMMERCIAL ET PRÉPARE A PARTIR NOYAUX DE DATTE

III.1. Introduction

Dans cette partie, nous présentons les résultats relatifs à l'adsorption de NET sur le charbon actif commercial et le charbon actif préparés (A9). Pour ce faire, nous déterminerons successivement :

- 1- L'étude spectrale de colorant.
- 2- Le temps de contact nécessaire à l'établissement de l'équilibre ou de saturation.
- 3- L'influence de paramètres tels que le pH, la masse de charbon actif.
- 4- Les isothermes d'adsorption qui jouent un rôle important dans la détermination des capacités maximales d'adsorption. Ainsi dans notre étude, nous nous intéresserons à quelques modèles comme ceux de Langmuir, de Freundlich, de Temkin.

III.2. Élimination du Noir Eriochrome T (NET) sur le charbon actif commercial et le charbon actif préparé

III.2.1. Caractéristique spectrophotométrique du Noir Eriochrome T (NET)

La **figure III.1** : représente le spectre d'adsorption du Noir Eriochrome T (NET) en solution aqueuse.

D'après cette figure, on peut déterminer la longueur d'onde maximale pour effectuer les expériences, il s'agit habituellement de la longueur d'onde pour laquelle le polluant représente un maximum d'absorption. Nous remarquerons que le NET représente un maximum d'absorption à $\lambda=530$ nm.

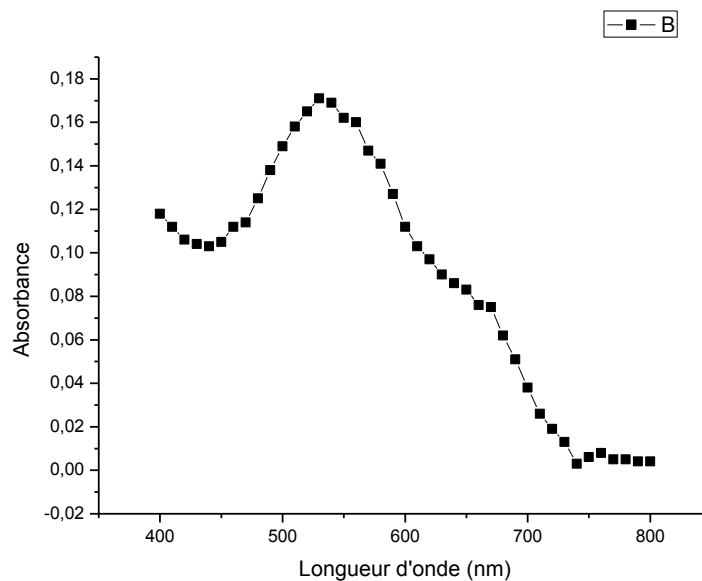


Figure III.1 : Spectre d'adsorption du Noir Eriochrome T (10 mg /L).

III.2.2 Courbe de calibration

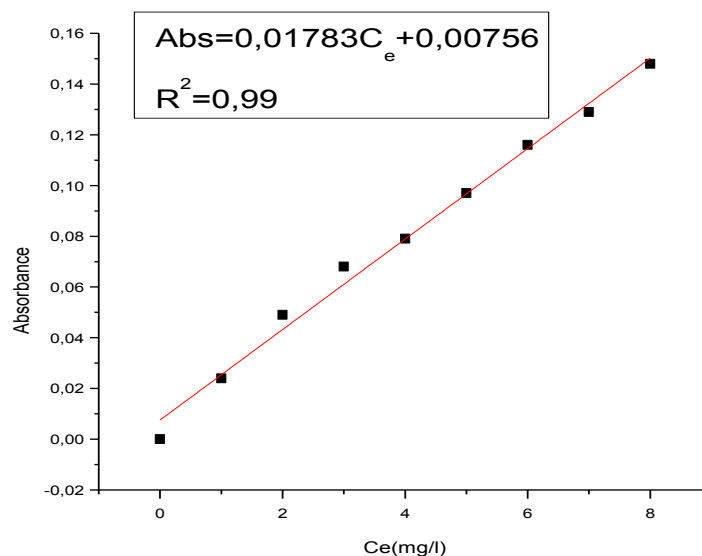


Figure III.2 : Courbe d'étalonnage obtenue par spectrométrie UV- visible pour le colorant Noir Eriochrome T.

Pour tracer la courbe d'étalonnage du colorant NET, nous avons déterminé les valeurs de l'absorbance correspondant aux différentes concentrations des solutions de colorant. Nous avons utilisé une méthode qui consiste à préparer d'abord une solution mère de concentration 10 mg. L⁻¹, à partir de cette solution mère, nous préparons par dilutions successives une série de solutions étalons "filles", de concentration comprise entre 1 et 8 mg. L⁻¹. Celles-ci sont, par

la suite, analysées par spectrophotomètre à une longueur d'onde de 530 nm. Nous établissons la droite d'étalonnage représentant l'absorbance en fonction de la concentration en colorant ($A = f(C)$). La courbe d'étalonnage du colorant est montrée sur la **figure III.2**.

La courbe obtenue est linéaire ; les données expérimentales rapportées dans la **figure III.2** indiquent une relation linéaire entre l'absorbance et la concentration avec un coefficient de corrélation plus élevé ($R^2 = 0,99$). La concentration en colorant est déterminée à partir de l'équation de la droite de régression linéaire est : $C \text{ (mg. L}^{-1}\text{)} = [(ABS - 0,00756) / 0,01783]$ ou ABS est l'absorbance.

Ces équations sont utilisées pour calculer la concentration d'une solution du NET donne. Les valeurs de C_e (concentration à l'équilibre en mg/ L) et x/m (masse adsorbé par gramme d'adsorbant en mg/g) sont obtenues à partir de l'équation comme suit

$$q_e = \frac{x}{m} = (c_0 - c_{eq}) * \frac{v}{m} \dots\dots\dots(III.1)$$

Où :

q_e : Quantité du produit adsorbé par unité de masse d'adsorbant exprimé en (mg/g).

V : Volume de la solution NET (mL) adsorbat.

C_0 : Concentration initiale de l'adsorbat.

C_{eq} : Concentration à l'équilibre de l'adsorbat (mg /L).

m : masse d'adsorbant (g).

III.3. Équilibre d'adsorption

III.3.1 Étude du temps de contact

L'étude du temps de contact sur le taux de fixation de notre colorant sur le charbon actif a permis de déterminer le temps d'équilibre correspondant à un état de saturation de l'adsorbat par l'adsorbant. Les autres paramètres de réactions sont pris comme suit ; une vitesse d'agitation de 100 tours. Une masse de charbon actif commercial et charbon actif préparés A9 de 5 mg.

Les résultats obtenus ont l'issue de ces expériences, sont reportés sur la **figure III.1** celle-ci a permis de déterminer le temps de contact correspondant à l'état d'équilibre qui est de 70 min. Ce temps correspond à une élimination presque complète du colorant de la solution. La suite de l'étude sera réalisée avec un temps de contact de 70 minutes.

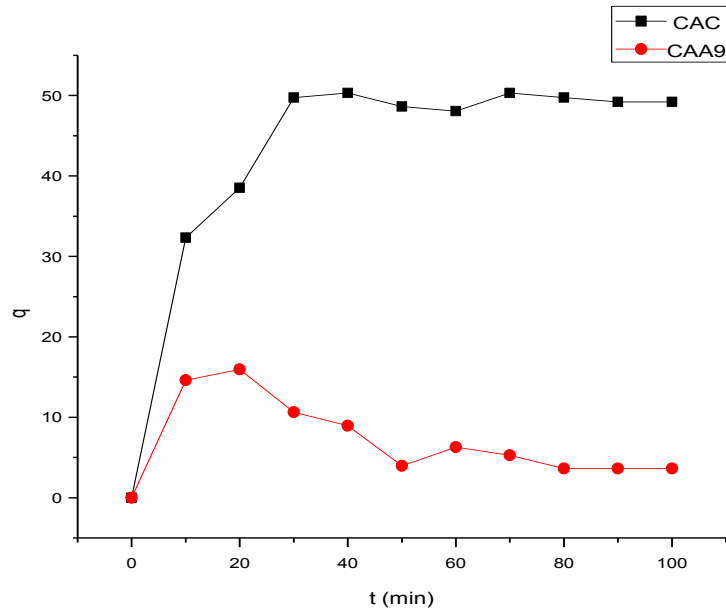


Figure III.3 : Temps de contact de la rétention du NET. ($C_0=10$ mg/l, PH=6,10
T=15°C, V=100 tr/min).

III.4. Influence de paramètres opératoires sur l'adsorption

III.4.1 Effet de séchage du charbon actif

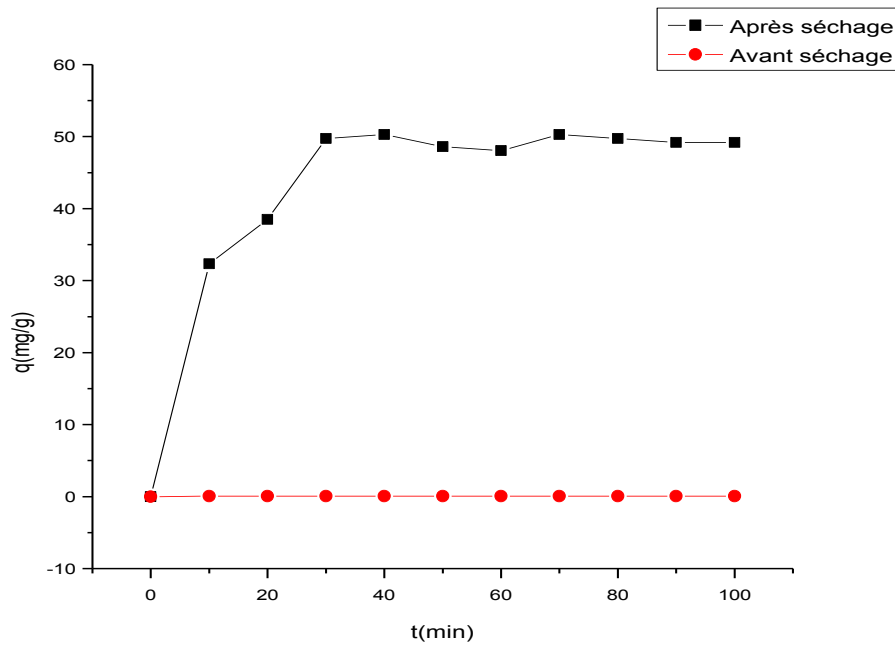


Figure III.4 : L'effet de séchage de charbon actif sur la capacité d'adsorption.

La **figure III.4** montre que le séchage du charbon est très important dans le processus d'adsorption, car le charbon avant séchage était fermé les pores par l'humidité ne peut pas adsorber le colorant d'une bonne manière, mais après séchage, il est devenu adsorbé bien teindre.

III.4.2 Effet du pH

Dans cette expérience, nous avons varié le pH de 2, 6 et 12 toutes les autres conditions opératoires demeurent constantes : ($m=5\text{mg}$), $v=100\text{ tr/min}$, $T=15\text{ °C}$).

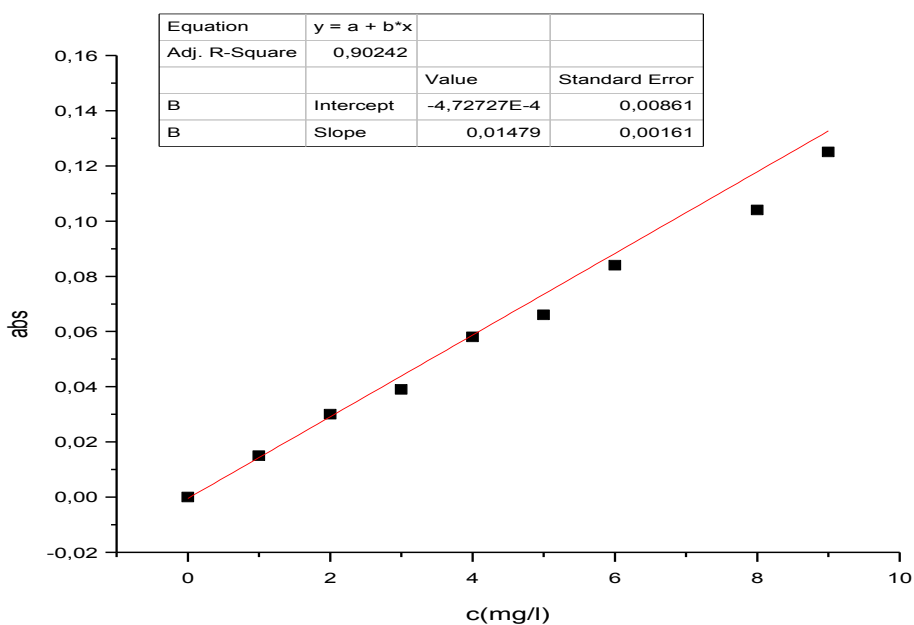


Figure III.5 : Courbe d'étalonnage à pH =12.

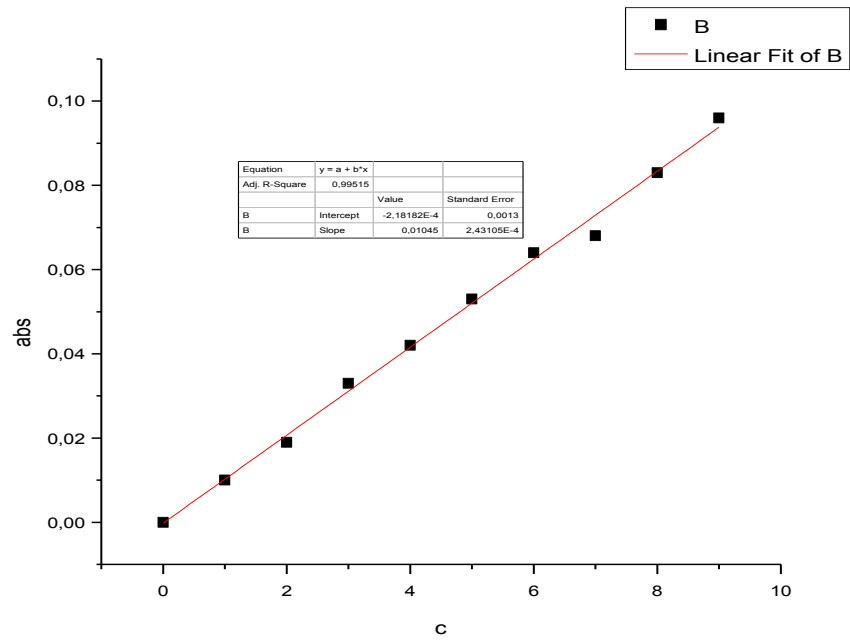


Figure III.6 : Courbe d'étalonnage à pH=2.

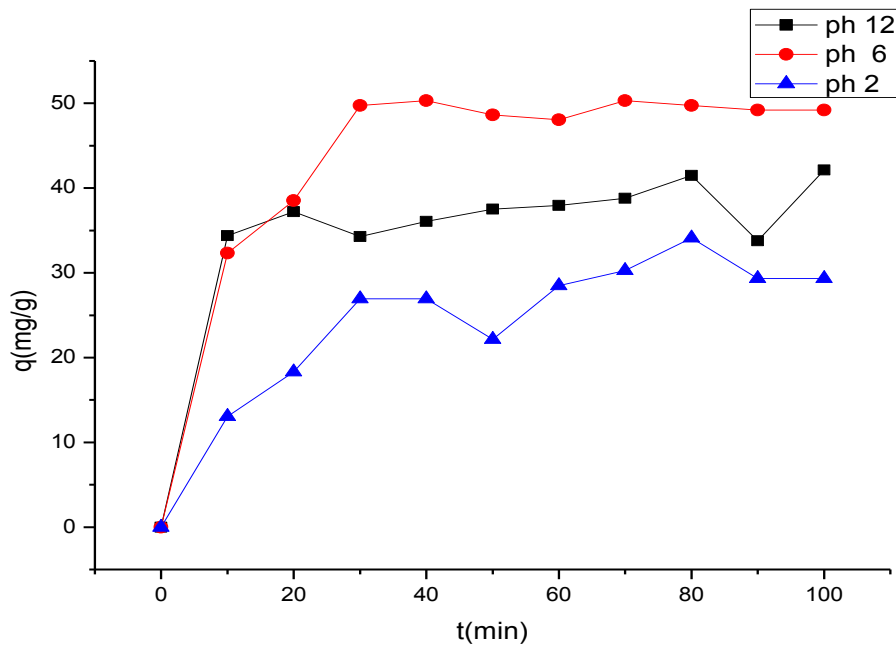


Figure III.7 : Influence du pH sur l'adsorption du NET sur charbon actif.

Le pH de la solution est un paramètre essentiel à prendre en compte dans le processus d'adsorption puisqu'il peut affecter aussi bien la charge superficielle de l'adsorbant que le degré d'ionisation de l'espèce se trouvant en solution. Par conséquent, le procédé d'adsorption dépend du pH du milieu réactionnel.

Cette présente étude est réalisée dans l'intervalle de pH de **2,6,10,12**. Le pH de la solution (eau- Noir Eriochrome T) est ajusté aux valeurs prétendues par l'addition de HCl (0,1N) ou de NaOH (0,1N). Nous avons gardé constantes les autres conditions expérimentales excepté la concentration du NET ; nous l'avons fixé à 10 mg/L. Les résultats sont représentés sur la **figure III.7**.

III.4.3 Effet de la masse du charbon actif sur la quantité adsorbée

Dans cette expérience, nous avons réalisé en faisant varier la masse du charbon actif De 5, 7, 9 mg, toutes les autres conditions opératoires demeurent constantes : (T=15°C, V=25 ml, pH=6).

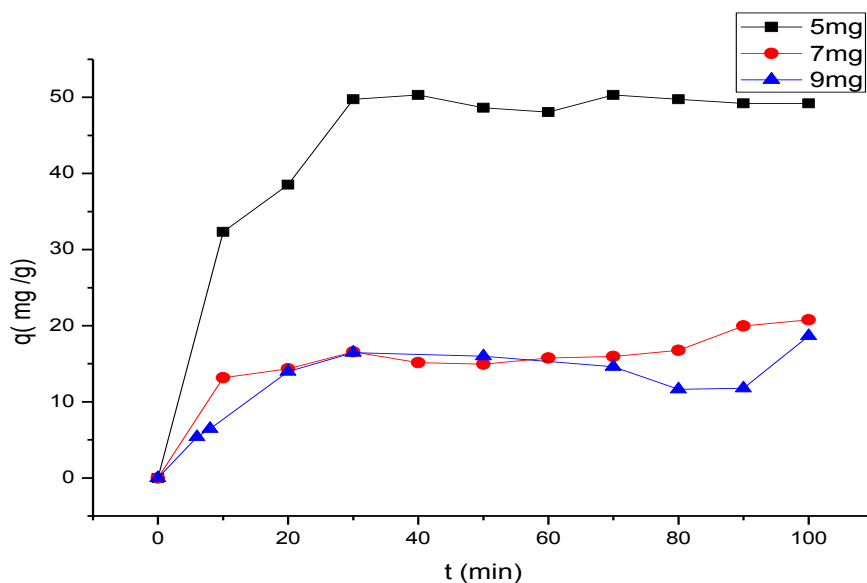


Figure III.8 : Effet de la masse de charbon actif sur l'adsorption du NET.

D'après la figure précédente, nous remarquons que la capacité de rétention augmente avec la masse de charbon actif jusqu'à 5 mg (augmentation légère), la capacité de rétention reste constante.

III.5 : Étude des isothermes d'adsorption de NET sur le charbon actif commercial et le charbon actif préparé

Les isothermes d'adsorption ont été réalisées avec différentes concentrations initiales pour une concentration en support de 10mg/l pour le Noir Eriochrome T. Le temps de contact est de 70 minutes à 15°C et à pH 6. Il existe de nombreux modèles théoriques qui ont été développés pour décrire les isothermes d'adsorption.

Dans cette partie, nous nous intéresserons à quelques-uns comme ceux de : Langmuir, Freundlich, et Temkin. Le traitement des résultats expérimentaux est d'abord réalisé dans un premier temps en utilisant les équations linéarités des différents modèles considérés. Ce qui nous a permis de déterminer les principaux paramètres caractérisant chaque modèle pour le colorant. Dans un deuxième temps, une reconstitution de ces isothermes a été entreprise dans le seul but de vérifier la validité de ces modèles. Les résultats des paramètres caractérisant chaque modèle pour le colorant sont résumés dans les tableaux.

III.5.1 Modélisation

III.5.1.1 Modèle de Langmuir

L'équation de Langmuir est donnée par la relation :

$$q_e = \frac{C_e q_m K_L}{1 + C_e K_L} \dots \dots \dots (III.2)$$

q_e : est la quantité adsorbée du soluté à l'équilibre (mg/g ou mmol/g)

C_e : est la concentration du soluté à l'équilibre (mg/L ou mmol/L)

q_m : quantité maximale adsorbée à la saturation de la monocouche ou capacité maximale de sorption (mg/g),

b : constante reliée à l'énergie libre de sorption (L/mg).

La linéarisation du modèle de Langmuir se présente selon la représentation comme suit :

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m * K_L} \dots \dots \dots (III.3)$$

En traçant $1/q_e$ en fonction de $1/C_e$, on obtient une droite de pente $1/bq_m$ et d'ordonnée à l'origine $1/q_m$.

La modélisation des résultats expérimentaux des isothermes de sorption du NET par les CAC et le charbon actif préparé est présentée sur la **Figure III.9, III.10** et les paramètres obtenus sont regroupés dans le **Tableau III.1**.

Les résultats fournis par la première transformée linéaire du modèle de Langmuir montrent que :

L'équation donne un excellent ajustement des données expérimentales pour le charbon actif commercial et le charbon actif préparé, car les coefficients de corrélation égalent à 0.956 pour le charbon commercial et $R^2=0.92$ pour le charbon actif préparé.

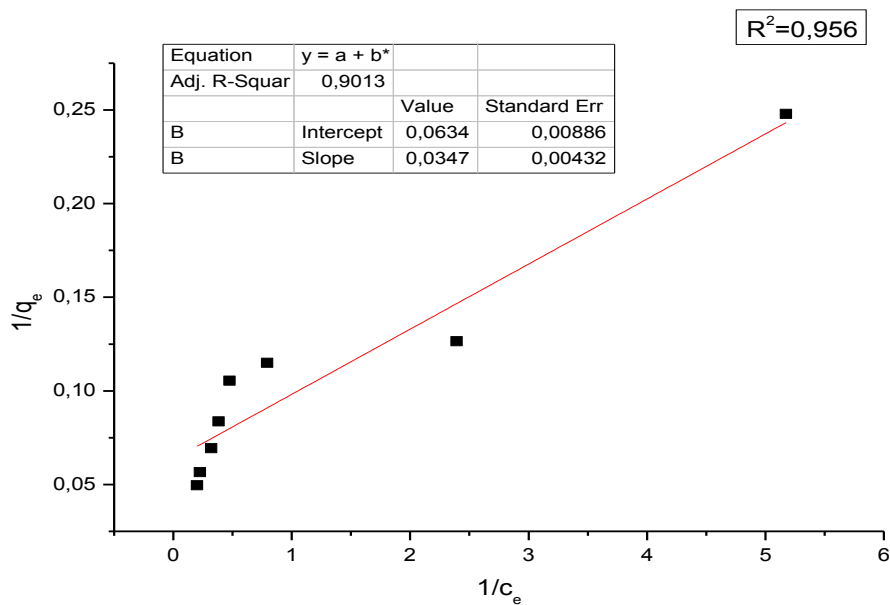


Figure III.9 : Modélisation de l'isotherme d'adsorption de Langmuir sur le charbon actif commercial.

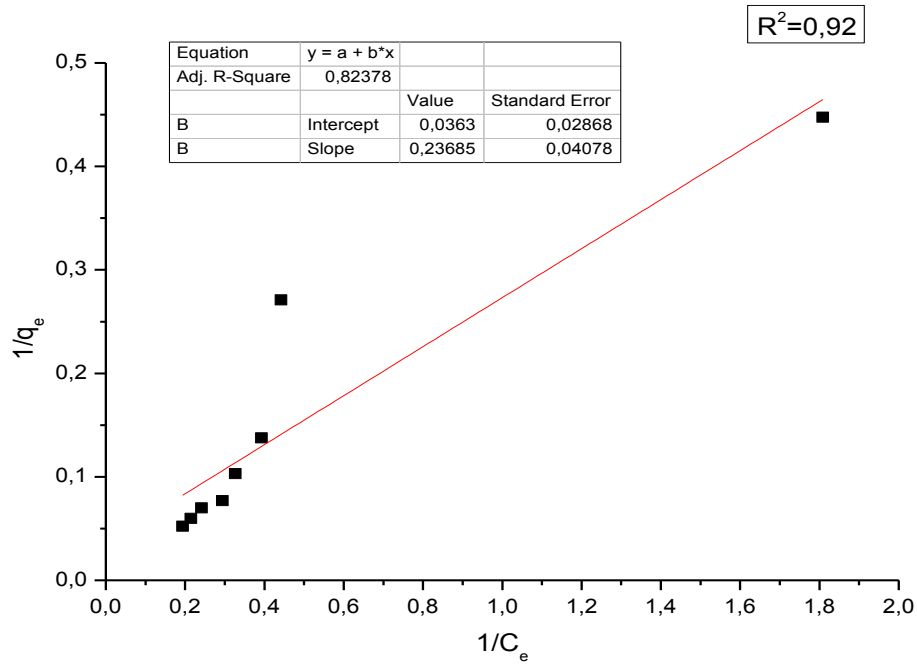


Figure III.10 : Modélisation de l'isotherme d'adsorption de Langmuir sur le charbon actif préparé A9.

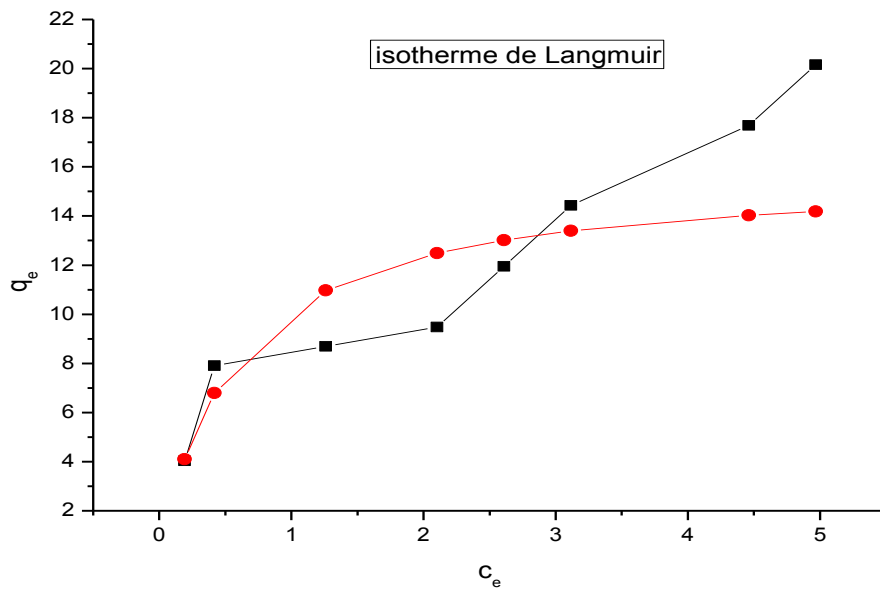


Figure III.11 : Modèle de Langmuir du NET ($T=15^{\circ}\text{C}$ et $\text{pH } 6$) charbon actif commercial.

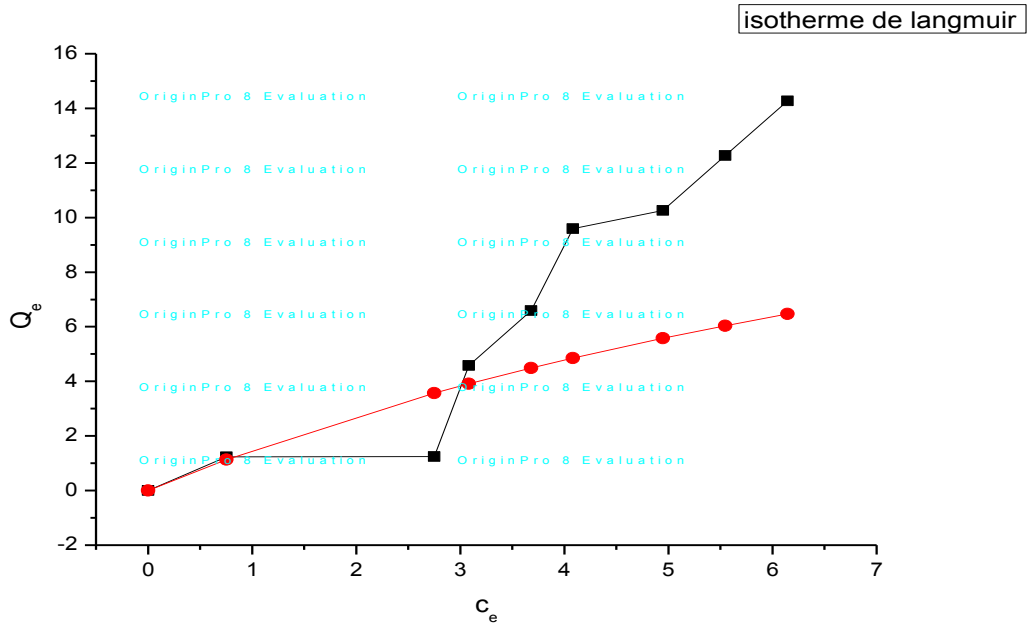


Figure III.12 : Modèle de Langmuir du NET sur charbon actif préparé A9 (T=15°C et pH 6).

III.5.1.2. Modèle de Freundlich

L'équation de Freundlich est donnée sous la forme :

$$q_e = K_f \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \dots\dots\dots(III.4)$$

Avec :

C_e : Concentration à l'équilibre, exprimé en (mg/l).

q_e : Quantité du produit adsorbé par unité de masse d'adsorbant exprimé en (mg/g).

K_f : Constante de Freundlich caractérisant le pouvoir adsorbant du solide

$\frac{1}{n}$: Constante de Freundlich caractérisant l'affinité du produit pour adsorbant

L'isotherme de Freundlich est généralement représentée sous sa forme linéarité :

$$\text{Log}(q_e) = \text{Log}(K_f) + \frac{1}{n} \text{Log}(C_e) \dots\dots\dots(III.5)$$

Si la variation de Log q_e en fonction de Log C_e est linéaire, nous devons obtenir une droite de pente égale à 1/n et d'ordonnée à l'origine égale à ln k_f. La modélisation des isothermes de sorption du bleu de NET par la relation de Freundlich est présentée sur la Figure III.11. Les paramètres du modèle ainsi que les coefficients de corrélation sont consignés dans les Tableaux III.1 et III.2.

Dans tous les cas, les coefficients de corrélation obtenus par l'équation de Langmuir sont supérieurs à ceux déterminés par la relation de Freundlich,

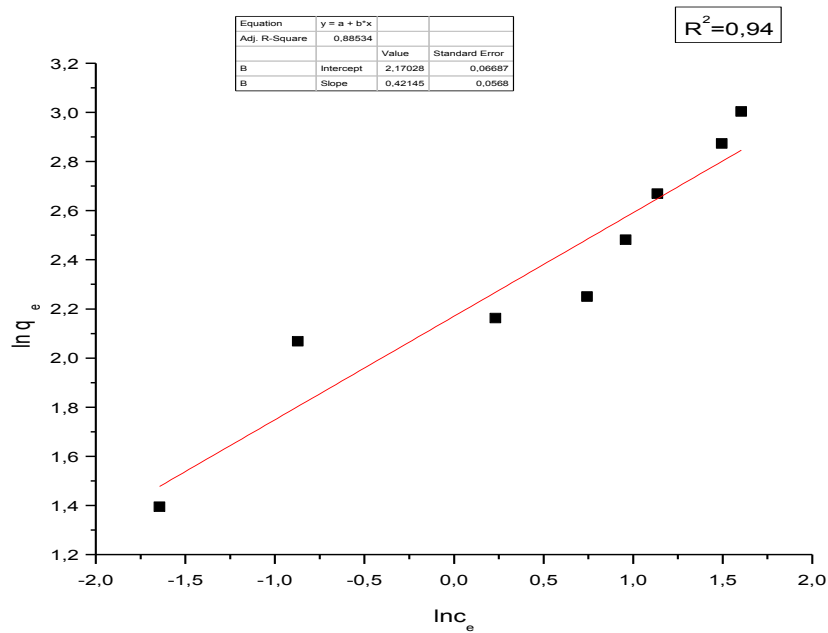


Figure III.13 : Modélisation de l'isotherme d'adsorption de Freundlich sur charbon actif commercial.

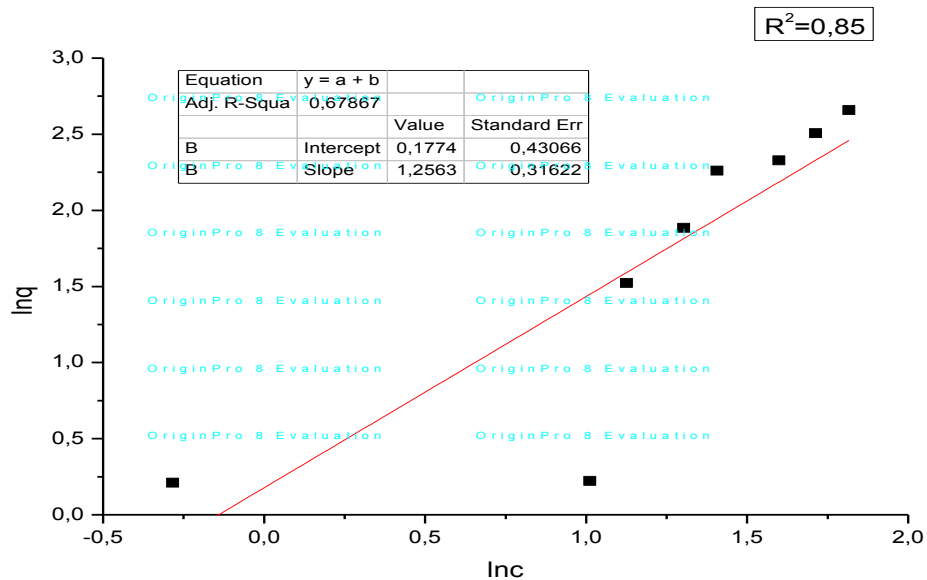


Figure III.14 : Modélisation de l'isotherme d'adsorption de Freundlich sur charbon actif préparé A9.

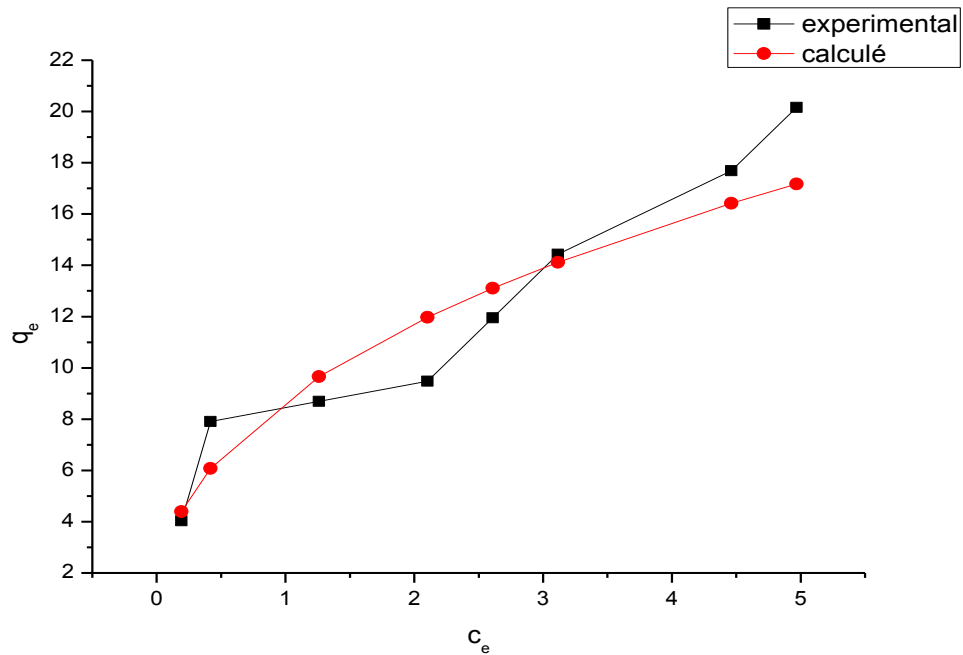


Figure III.15: Isotherme d'adsorption de NET par le charbon actif commercial selon le modèle de Freundlich ($T=15^{\circ}\text{C}$ et $\text{pH } 6$).

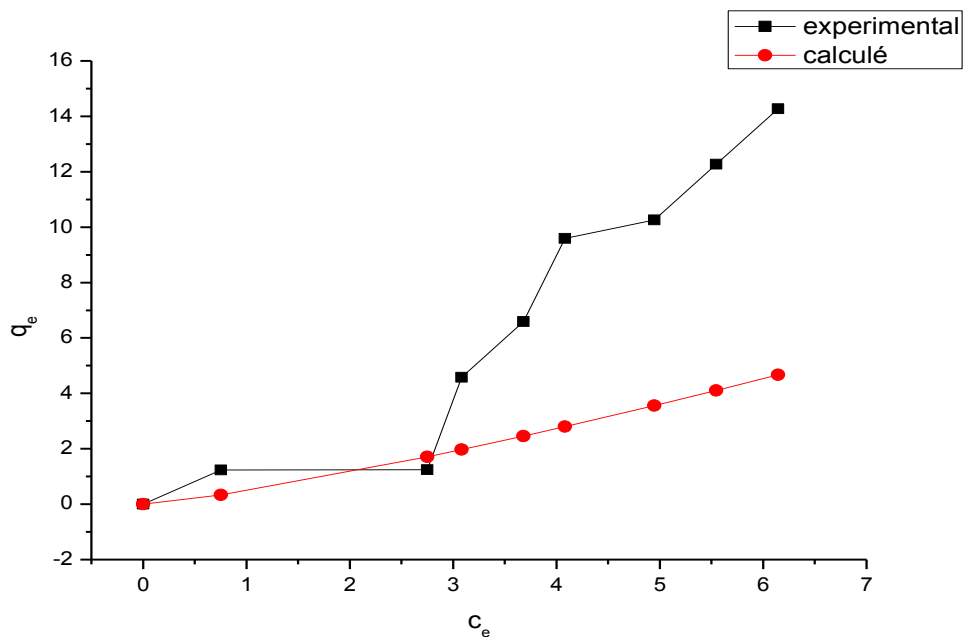


Figure III.16 : Isotherme d'adsorption de NET par le charbon actif préparé selon le modèle de Freundlich ($T=15^{\circ}\text{C}$ et $\text{pH } =6$).

III.5.1.3. Isotherme de Temkin

Le modèle de Temkin a été appliqué aux résultats expérimentaux de l'isotherme de sorption du NET par charbon actif commercial.

L'isotherme de Temkin est donnée par l'équation suivante :

$$q_e = \frac{RT}{b_t} \ln(k_t) + \frac{RT}{b_t} \ln(C_e) \dots\dots\dots(III.6)$$

Avec :

q_e : quantité adsorbées à l'équilibre (mg/g),

C_e : concentration du soluté à l'équilibre (mg/l),

R : constante universelle de gaz parfaits $8.314 \text{ (j.mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1})$,

T : température absolue (K),

k_t : variation de l'énergie d'adsorption ($\text{J.mol}^{-1} \cdot \text{g.mg}^{-1}$),

a_t : constante de l'isotherme de Temkin (L/mg).

En portant q_e en fonction de $\ln C_e$, on obtient une droite de pente $\frac{RT}{b_t}$ et d'ordonnée à l'origine égale à $\ln a_t \frac{RT}{b_t}$. Les résultats de la modélisation des isothermes sur le CAC et le CAA9 de l'adsorption par l'équation de Temkin sont présentés sur les **Figures III.17** et **III.18**. Les paramètres de Temkin et les coefficients de corrélation sont consignés dans les **Tableaux III.1** et **III.2**.

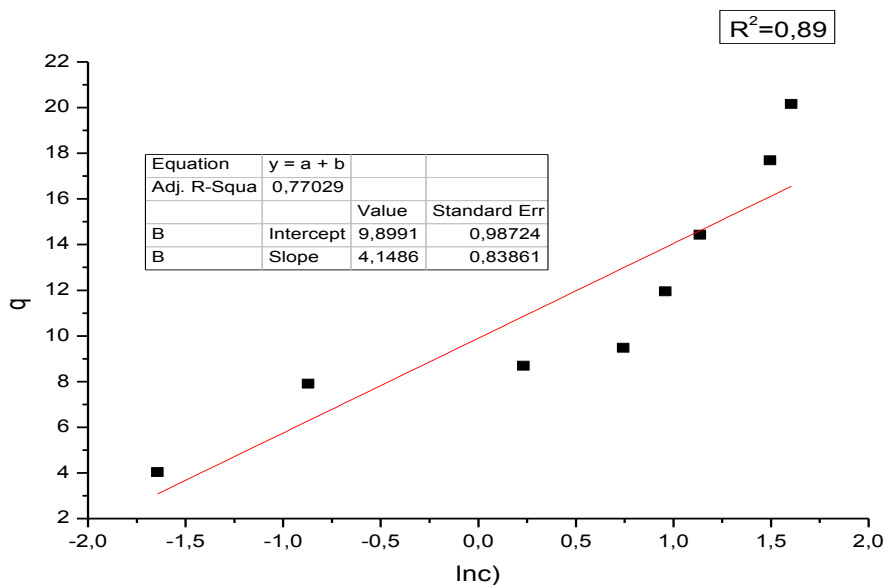


Figure III.17 : Modélisation de l'isotherme d'adsorption de Temkin sur charbon actif commercial.

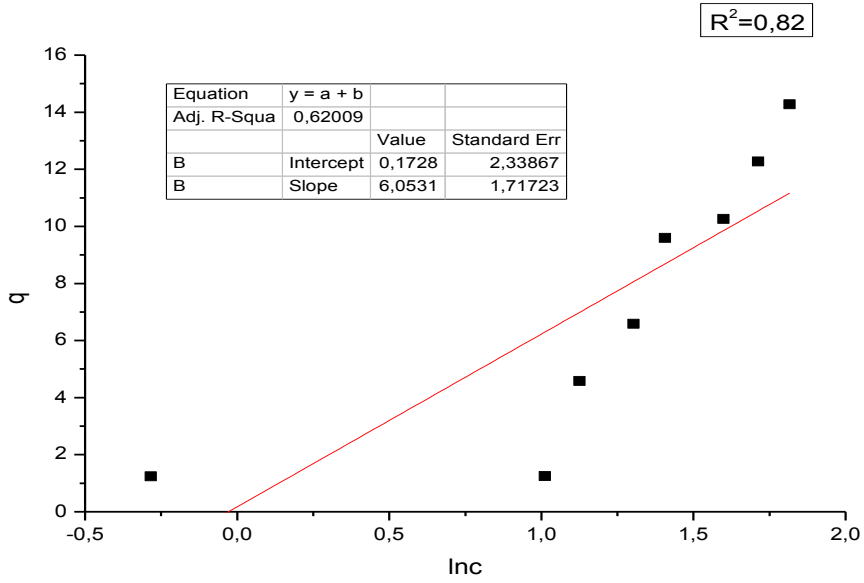


Figure III.18 : Modélisation de l'isotherme d'adsorption de Temkin sur charbon actif préparé A9.

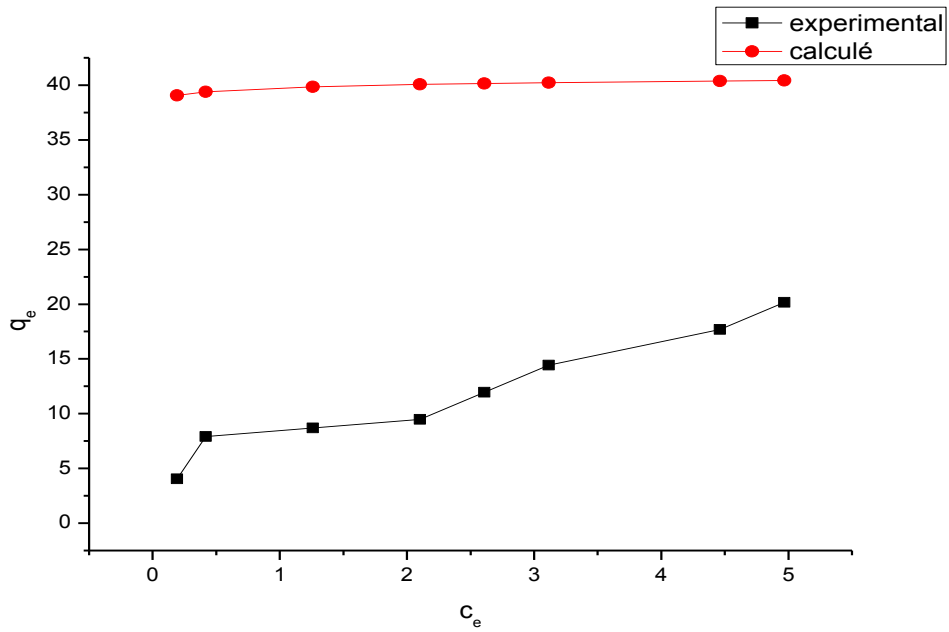


Figure III.19 : Isotherme d'adsorption de NET par le charbon actif commercial selon le modèle de Temkin (T=15°C et pH 6).

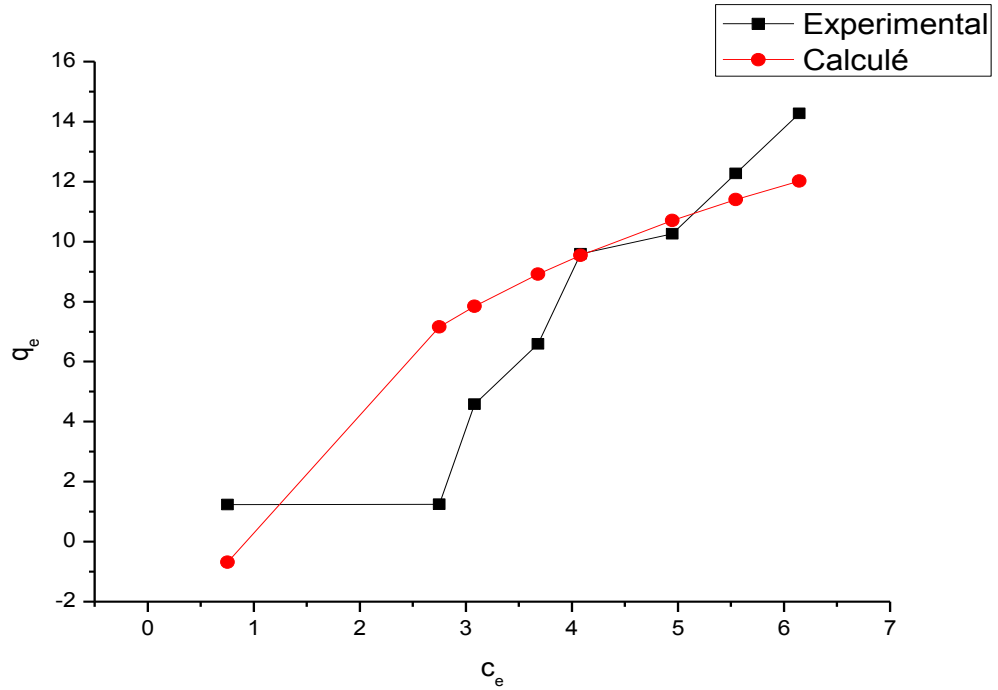


Figure III.20 : Isotherme d'adsorption de NET par le charbon actif préparé selon le modèle de Temkin (T=15°C et pH 6).

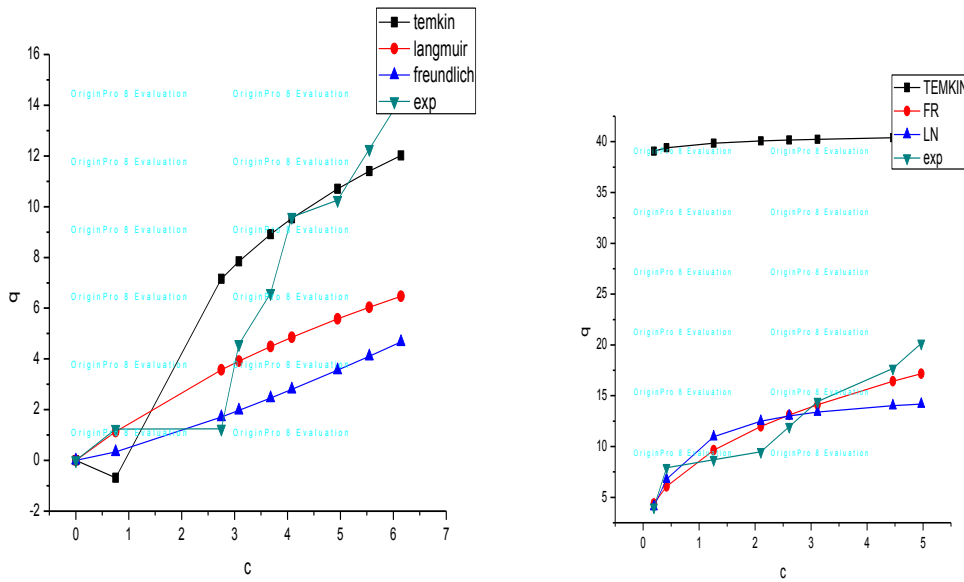


Figure III.20 : Isotherme d'adsorption de NET selon les différent modèle s'applique par (a) :charbon actif commercial CAC, (b) :charbon actif préparé(CAP)

Tableau III.1 : Paramètres caractérisant chaque modèle d'adsorption du NET sur le CAC.

| Modèle | Q_m (mg/g) | b_t J (/mol) | k_t l/mg | k_1 (l/mg) | n | K_f (mg/g) | R^2 (coefficient de corrélation) |
|------------|--------------|-------------------|---------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------------------------------|
| Langmuir | 15.76 | | | 1.82 | - | - | 0.95 |
| Freundlich | - | | | - | 2.38 | 8.75 | 0.94 |
| Temkin | - | 546.84 | 10.91 | - | - | - | 0.89 |

Tableaux III.2 : Paramètres caractérisant chaque modèle d'adsorption du NET sur le CAA9.

| Modèle | b_t | q_m (mg/g) | K_t | k_1 (l/mg) | n | K_f (mg/g) | R^2 (coefficient de corrélation) |
|------------|----------------|-----------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|---------------------------------------|
| Langmuir | - | 18.76 | | 0.085 | - | - | 0.92 |
| Freundlich | - | - | | - | 0.80 | 1.194 | 0.85 |
| Temkin | 691.655 | - | 0.90 | - | - | | 0.82 |

Comme on peut le constater globalement avec les allures des courbes représentées dans les **figures III.11** et **III.12** et surtout les données des **tableaux III.1** et **III.2**, le modèle de Langmuir est le plus approprié avec $R^2 = 0,95$, pour CAC et $R^2 = 0,92$ pour le CA-A9 rappelons que Ce modèle suggère que l'adsorption des molécules a lieu sur une surface

homogène en monocouche sans interaction entre les molécules adsorbées, la plupart des auteurs cités dans ce document trouvent généralement que l'isotherme d'adsorption est d'allure de type L, auquel est associé le modèle de Langmuir.

III.5. Conclusion

Les tests d'adsorption à établir l'affinité des charbons actifs (commercial et préparé) vis-à-vis de colorant de NET pour optimiser son élimination. Les influences du pH, de la masse de l'adsorbat, et de séchage de charbon ont été étudiées.

Les isothermes de sorption de NET par le charbon actif commercial et charbon actif préparé (A9), à une température de 15 °C, montrent que l'isotherme ont une allure du type L. ce qui signifie qu'il n'y a pas une forte compétition entre le solvant et l'adsorbat pour occuper les sites de sorption.

Les modèles de Langmuir, Freundlich et Temkin ont été appliqués aux résultats expérimentaux des isothermes de sorption du colorant étudié. Par la comparaison des résultats des coefficients de corrélation, les trois modèles étudiés semblent valables, mais le modèle de Langmuir paraît le plus convenable pour la description des isothermes de sorption du NET par le charbon actif commercial et charbon actif préparé (A9).

CONCLUSION GÉNÉRALE

Conclusion générale

Dans ce travail, nous avons étudié l'élimination de colorant de Noir Eriochrome T par adsorption sur charbon actif commercial et autre préparés. L'étude de l'influence des différents paramètres physico-chimiques (temps de contact, pH, masse d'adsorbant,) sur la capacité d'adsorption sur le charbon actif commercial et le charbon actif préparé à montrer que :

- l'équilibre de l'adsorption est atteint pendant les 70 premières minutes de temps de contact adsorbant-adsorbât.
- L'adsorption du NET est plus favorable à pH 6.
- La modélisation des isothermes d'adsorption nous a permis, de montrer que le modèle de Langmuir décrit l'adsorption du NET par CAC avec une meilleure précision R^2 égale à 0,95. Et $R^2 = 0.92$ pour le charbon actif A9. Le type L est confirmé selon la classification de Gill, les molécules du NET s'adsorbent en monocouche.

Bibliographie

- [1] H. HiramLowry et George Augustus Hulett, *Studies in the adsorption by characoal ii .relation of oxygen to charcoal*, the American Chemical Society , 1920.
- [2] N. Sedira, Écrivain, *étude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes*. [Performance]. 2013.
- [3] A. Ala, Écrivain, *étude de l'élimination de l'éthyle violet par adsorption sur la kaolinite et le charbon actif par des méthodes photochimique en milieu aqueux*. [Performance]. Université mentouri costanitime -Algerie , 2009.
- [4] C. Grégorio et Pierre,M, Écrivains, *Traitement et épuration des eaux industrielles polluées coordonné*. [Performance]. Université de Franche-comité, 2007.
- [5] C. Grégorio, Pierre ,M et Guibal,E, Écrivains, *CHitine et chitosane*. [Performance]. Université de Franche-comité, 2009.
- [6] C. Jasques, Écrivain, *Science et technologie du collage*. [Performance]. Passes polytechniques et Université romandes , 2000.
- [7] D. samual et Osman,M, Écrivains, *adsorption pprocesses for water treatmet*. [Performance]. america,508 Butterorths.
- [8] M. Ziati, Écrivain, *adsorption et électrosorption de l'arsenic III sur charbon a base de noyaux de dattes activés thermiquement et chimiquement*. [Performance]. Université badji mokhtar ,Annaba ,Algérie, 2012.
- [9] L. Mem Dali Yousef, Écrivain, *Purification et caractérisation de l'attapulgite algerienne application a l'adsorption de beu de méthylène*. [Performance]. Universié d Oran ;Algérie, 2012.
- [10] M.Belouden, Écrivain, [Performance]. Faculté des science d Agadir , 2000.
- [11] S. W, J,Mayan-AQuatic,Chemistry , Wiley inter science et J,Wiley and sons, Écrivains, [Performance]. 1981.
- [12] N. Emad, El Qada,Stephen et J allen,Cavin M, Écrivains, *Walker .Adsorption of basic dyes from aqueous solution onto activated carbons*. [Performance].
- [13] Afnor, Écrivain, *La qualité des sols,terminomogie,échantillonnage,control et quaité*. [Performance]. Editor Afnor Paris, 1996.
- [14] H. Aksas, Écrivain, *étude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des métaux lourds par l'utilisation des abosorbans naturels*. [Performance]. Univeresité M'hamed bougrara ,boumerdes,algérie , 2013.
- [15] R. Calvet, Écrivain, *le sol proprétés et fonction*. [Performance]. Institut national agronomique

paris-Grignon , 2003.

- [16] H. Boulkrah, Écrivain, *étude comparative de l'adsorption des ions plomb sur différents absorbants*. [Performance]. université de 20 aout sekikda, 2008.
- [17] D. Belkharchouch, Écrivain, *adsorption du bore par les alimines modifiées*. [Performance]. Université mentouri costantine ,Algérie , 2010.
- [18] J. Omlin et Chesaux , Écrivains, *évaluation de charbons actifs en poudre CAP pour l'élimination des micropolluants dans les eaux résiduaires urbains*. [Performance]. Universié, Lieu.
- [19] «[http:WWW.Lenntech.fr](http://WWW.Lenntech.fr),» [En ligne].
- [20] H. G. B. Slama, Écrivain, *Préparation et modification de carbones activés pour l'adsorption de polluants organique émigrants:molécules pharmaceutique et liquides*. [Performance]. Tunis El manar ,Tunis, 2015.
- [21] N. Bouziane, Écrivain, *élimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre*. [Performance]. Université mentouri de costantine,Algérie, 2007.
- [22] Banal et al, Écrivains, [Performance]. Société d'ingénierie bordelaise experte dans la conversion de biomasse en carbone extrait de THERMY A SAVILLenave d'Ornon-France, 1988.
- [23] L.-M. S. e. F. MEUNIER, Écrivain, *épuration diestive lors des intoxications digestives ,Nimes,*. [Performance]. le 27 november 1992.
- [24] G. p. ATHEB, Écrivain, *traitement des Eaux par action combinée de la photocatalyse solaire et de léadsorption sur charbon actif :conception et realisation du procédé*. [Performance]. Université Paul verlain, Metz , 2009.
- [25] K. Aryel, Écrivain, *elimination de polluants Aromatiques par Oxydatio catalytique sur charbon actif*. [Performance]. institu national polytechnique de Toulouse, 2009.
- [26] S. V. Knapp D.R.U, Écrivain, *predicting the removal of atrazine by powdered and granular activited carbon rapport final pour compagine générale des eaux*. [Performance]. 1995.
- [27] H. Hameed, Salman,J,M et Ahmed,A,L, Écrivains, *adsorption isotherme and kinetic modeling of 2,4-D pesticide on activated carbon derived from date stones.*. [Performance]. Hazardous materials 163,121-126, 2009.
- [28] O. Kebiche, Écrivain, *biodégradabilité et échange ionique de quelques colorants cationiques présent dans les effluent liquide de teinturerie de l'unité couvertex*. [Performance]. Ain DASSER thés de magistère Université Mantouri constantine, 1996.
- [29] Lamir et N, Écrivains, *Élimination du colorant orange II en solution Aqueuse par voie photochimique et par adsorption*. [Performance]. Mémoire du magistère universitie Mentouri de Costantine, 2010.
- [30] D. U.Pagga, Écrivain, *Chemosphere*. [Performance]. 1986.

- [31] *Toxity and fate of azo dyes*. [Performance]. DEPA Danish Envirnemental protection agency, suervey of azo-colorants in denmark, 2000.
- [32] C.Bauer, P.Jacques, et A.Kalt J photochem photobiol A , Écrivains, *chem 140*. [Performance]. 2001.
- [33] E. Errais, Écrivain, *Réactivité de suerface d argiles naturelles ;étude de l'adsorption de colorants anioniques*. [Performance]. 2011.
- [34] H. B.H, Écrivain, *Evaluation of papaya seeds as a novel non-conventional low-cost adsorbent for removal of methylene blue*. [Performance]. 2009.
- [35] H. Lamia, Écrivain, *valorisation des produits agricoles industriels pour le traitement des effluents : cas de l'adsorption du bleu de méthylène par l'alfa*. [Performance]. université des science et de technologie Houari Boumediene , 2012.
- [36] L. H. Needles, Écrivain, *Textle fibre, dyes, finishe, and processes*. [Performance]. Univercity of California, Davis California , 1986.
- [37] J. Levisalle, B. Castro et P.Caubére, Écrivains, *chimie organique,3. composés Organique complexes*. [Performance]. Edition Flammarion Sciences ; Paris,232-235, 1974.
- [38] M.Lemonnier et M. Viguiet, Écrivains, *Les textiles et leur entretien*. [Performance]. 7émé Edition Jacques Lanore, Paris, 104-105, 2002.
- [39] Y.Onal, C,Akmil.Bacar et ç.Sarici Ozdemir,, Écrivains, *investigation kinetics mechanisms of adsorption malachite Green into actived carbon*. [Performance]. journal of hazardous materials , 2007.

Résumé

L'objectif de notre travail est d'éliminer un polluant organique à partir des eaux par l'adsorption sur le charbon actif. Un charbon actif commercial et autre issu de noyaux de dattes est utilisé. Le polluant choisit et la Noir ériochrome T (NET) à cause de sa grande toxicité sur l'environnement.

L'adsorption de la Noire ériochrome a été réalisée en fonction de l'influence de quelques paramètres comme le temps de contact, la masse de l'adsorbant, le pH et la concentration des ions de NETT dans la solution initiale, on observe que la quantité adsorbée par unité de masse de charbon actif diminue quand la dose de l'adsorbant augmente et les pH acides environ de 6 se sont avérés les plus favorables à l'adsorption du Noir ériochrome T.

Les résultats de la modélisation des cinétiques d'adsorption montre que le modèle de Langmuir est le plus approprié avec $R^2 = 0,95$. Ce modèle suggère que l'adsorption des molécules a lieu sur une surface homogène en monocouche sans interaction entre les molécules adsorbées. Les isothermes de sorption sont du type L, ce qui indique qu'il n'y a pas une forte compétition entre le solvant et l'adsorbat pour occuper les sites de sorption.

Mots-clés: Adsorption, noyaux de Dattes, Isotherm, Eriochrome noir (T), modèle de Langmuir.

Summary

The objective of our work is to eliminate an organic pollutant from water by adsorption on activated carbon. Commercial activated charcoal and others derived from date cores are used. The pollutant chooses and the black eriochrome T (NET) because of its great toxicity on the environment.

The adsorption of Black Eriochrome T was carried out according to the influence of some parameters such as the contact time, the adsorbent mass, the pH and the concentration of NETT ions in the initial solution, it is observed that the adsorbed quantity per unit mass of activated carbon decreases as the dose of the adsorbent increases and the acid pH of about 6 proved to be the most favourable adsorption of black ériochrome T.

The results of the adsorption kinetics modelling show that the Langmuir model is the most suitable with $R^2 = 0.95$. This model suggests that the adsorption of the molecules takes place on a homogeneous surface in monolayers without interaction between the adsorbed molecules. The sorption isotherms are of the L type, which indicates that there is not a strong competition between the solvent and the adsorbate to occupy the sorption sites.

Keywords: Adsorption, Date Kernels, Isotherm, Eriochrome Black (T), Langmuir model.

ملخص

الهدف من عملنا هو القضاء على ملوث عضوي من الماء عن طريق الامتصاص على الكربون المنشط. يتم استخدام الكربون المنشط التجاري وغيره من مشتقات نوات التمر، حيث يختار الملوث و Eriochrome الأسود (T) بسبب سميته الكبيرة على البيئة.

تم تنفيذ امتزاز اسود الإيروكروم وفقاً لتأثير بعض المعلمات مثل وقت التلامس ، الكتلة الممتزة ، pH وتركيز أيونات NET في المحلول الأولي ، لوحظ أن كمية كثف لكل وحدة كتلة من الكربون المنشط يتناقص مع زيادة جرعة الممتزات وحمض الحموضة من حوالي 6 تم العثور على أن تكون الامتزاز الأكثر ملاءمة من اسود الإيروكروم T. نتائج النمذجة حركية الامتزاز يبين أن نموذج لنغمير هو الأنسب مع $R^2 = 0.95$. يشير هذا النموذج إلى أن امتزاز الجزيئات يحدث على سطح متجانس في أحادي الطبقة دون تفاعل بين الجزيئات الممتزة. تمدد درجة الحرارة من النوع L ، مما يشير إلى أنه لا توجد منافسة قوية بين المذيب و adsorbate لاحتلال مواقع الامتزاز.

كلمات مفتاحية: امتزاز , نوات التمر, اسود الإيروكروم (T), كربون منشط, امتزاز, نموذج لنغمير.