



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



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par :

Cherif sarra & Hachani hala

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Génie des Procédés

OPTION : Génie des Procédés des Matériaux

Thème

**Evaluation et optimisation des paramètres affectant
l'adsorption de micropolluants pharmaceutiques par
charbon actif**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	Qualité
Pr. BENALIA Mokhtar	Prof	Président
Dr. BOUDAUD Asma	MCA	Examinatrice
Dr. AD Chifaa	MCA	Rapportrice
Dr. BOUZIDI Aicha	Docteur	Co-rapportrice

Promotion : JUIN 2022

Dedicaces

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, l'amour, le respect, la reconnaissance, c'est tout simplement que : Je dédie cette mémoire de Master : A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père **boubakeur**.*

*A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; ma mère **horra** que j'adore.*

*A ma chère sœur, ma deuxième mère qui m'a accompagnée durant mon chemin d'études supérieures. **karima** et son mari et son petits.*

*A mes chers frères qui m'ont soutenu, qui étaient toujours à mes côtés **omar ; ahmed ; karim, et mustapha** ; et ses femmes et ses petits.*

*A mes chères cousines **Khadidja ; fadhila** et son petits.*

A mes tantes et mon oncle.

A toute ma famille, source d'espoir et de motivation.

A "hala" chère amie avant d'être binôme.

*À mes aimables amies: **nariman ; sabrina** .*

À tous les étudiants de la promotion 2021/2022.

A tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer ...

Sarra

Dedicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à ceux qui, quels que soient les termes embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

*A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite et tout mon respect mon cher père "**Boulefaa**".*

*A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non à mes exigences et qui n'a épargné aucun effort pour me rendre heureuse mon adorable mère "**Khadidja**".*

*A mon bras droit mon frère "**Mouhamed**" pour son soutien et aide . A mes adorables petites sœurs "**Fatima** et "**Wassila**" qui sait toujours comment procurer la joie et le bonheur pour toute la famille.*

*A ma grand-mère "**Hadja fatna**" que dieu lui donne une longue vie.*

*A mon proche ami, mon fiancé "**Salah**" pour son soutien, sa présence et son encouragement qui m'ont permis d'avancer, il m'a été d'une aide précieuse.*

*A mes aimables amis qui étaient toujours à mes côtés "**zineb, hanaa, Maroua** et "**Oumama**" merci pour leur amours et leurs encouragement.*

*Sans oublier "**Sara**" chère amie avant d'être binôme pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.*

A tous ceux que j'aime

Hala

Remerciements

Nous tenons à remercier sincèrement et profondément en premier lieu Dieu «Allah» qui nous a donné la vie et la santé.

*Nous tenons aussi à présenter nos sincères remerciements à notre encadreur **Dr.AD Chifaa** Docteur à l'Université Amar Thelidji Laghouat, pour son aide, ses conseils directifs, et son suivi durant la réalisation de cette étude.*

*Nous remercions également **Dr.BOUZIDI Aicha** pour avoir accepté de co-encadreur ce travail, sa disponibilité, sa générosité, ses conseils, ses encouragements et son suivi au laboratoire durant toute la durée d'accomplissement de ce travail, et **Dr.SOLTANI Amel** pour son conseil directif.*

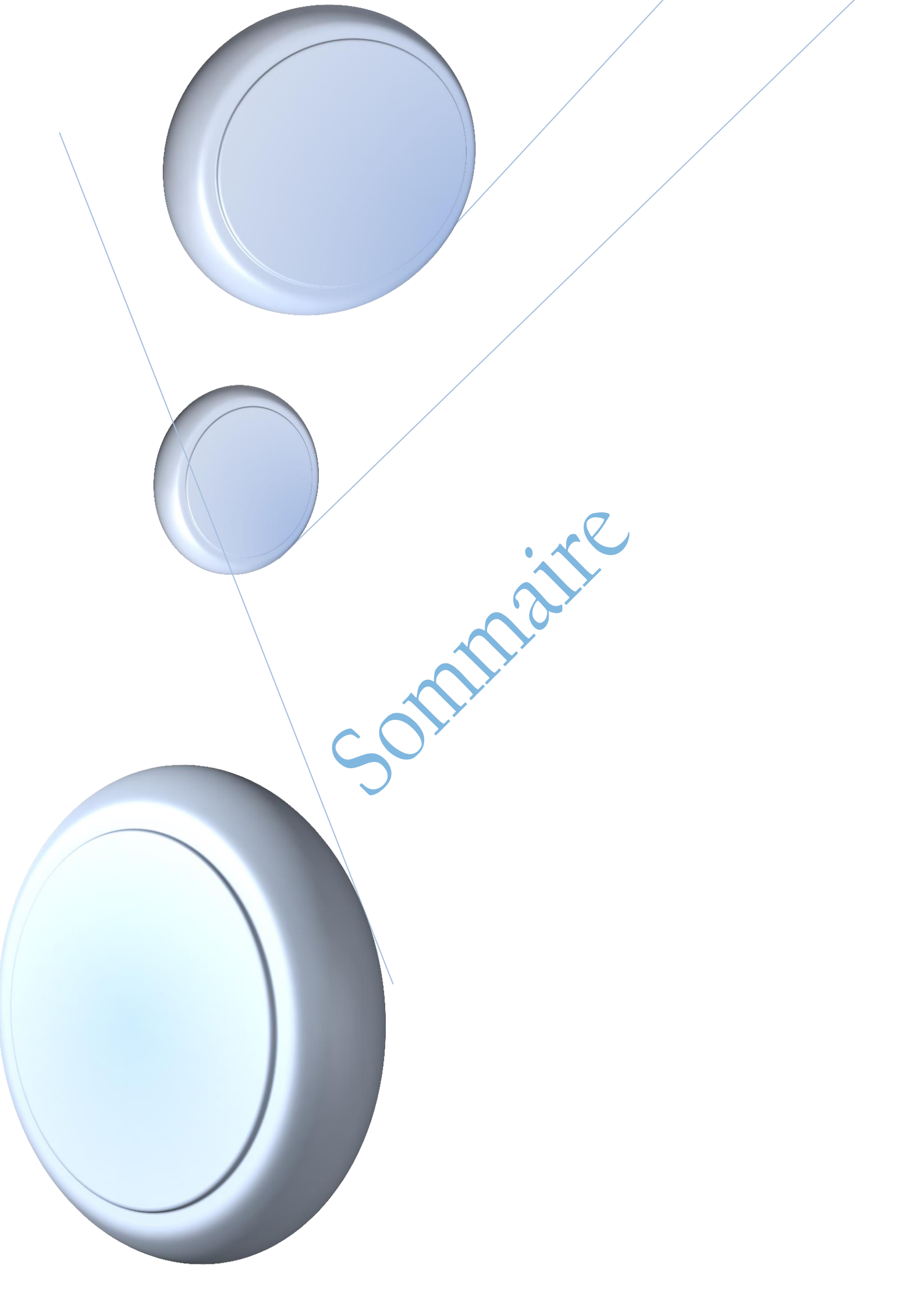
Nous remercions les membres du jury pour avoir accepté et jugé ce modeste travail.

*Nous remercions aussi le chef département "**Pr.BENALIA Mokhtar**" et tous les enseignants de département de Génie Des Procédés"*

Nous exprimons notre profonde gratitude aux ingénieurs et toute l'équipe de laboratoire de Génie Des Procédés pour leur patience envers nous.

Nous tenons également à remercier nos parents et les personnes qui nous ont encouragés et participés de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Cherif Sarra & Hachani Hala



Sommaire

Dédicaces	
Remerciements	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

Introduction générale	01
------------------------------	-----------

Chapitre I: Etude bibliographique

I.1 Généralité sur Les médicaments	
I.1.1 Les médicaments	03
I.1.2 Le paracétamol	03
I.1.2.1 Propriétés physico-chimiques	03
I.1.2.2 Toxicité du paracétamol	03
	03
I.2 Généralités sur le phénomène d'adsorption	04
I.2.1 Adsorption	05
I.2.2 Types d'adsorption	05
I.2.3 Description du mécanisme d'adsorption	06
I.2.4 Facteurs influençant l'adsorption	07
I.2.5 Application de l'adsorption	07
I.2.6 L'isothermes d'adsorption	07
I.2.7 Classification des isothermes d'adsorption	07
I.3 Les adsorbants	08
I.3.1 Généralités	08
I.3.2 Le charbon actif	09
I.3.2.1 Définition	09
I.3.2.2 Structure du charbon actif	10
I.3.2.3 Les applications du charbon actif	11

Sommaire

Chapitre II: Produits et matériels

II.1 Produits et matériels	12
II.1.1 Appareillage	12
II.1.2 Réactifs chimiques	12
II.2 Préparation du charbon actif	13
II.2.1 Caractéristiques du charbon actif	13
II.2.2 Détermination des fonctions de surface	13
II.2.3 pH isoélectrique (pH_{zpc})	14
II.2.4 Spectroscopie infrarouge à transformé de Fourier	15
II.2.5 Spectroscopie UV-Visible	15
II.3 Préparation des solutions et des réactifs	15
II.3.1 Préparation des solutions de chlorure de sodium	16
II.3.2 Préparation de la solution d'hydroxyde de sodium NaOH	16
II.3.3 Préparation de la solution d'acide sulfurique H_2SO_4	16
II.4 Essais d'adsorption	16
II.4.1 Influence de la masse d'adsorbant	16
II.4.2 Influence de pH	16
II.4.3 Influence du temps de contact	17
II.4.4 Influence de la température	17
II.4.5 Influence de la force ionique	17

Chapitre III: Résultats et discussion

Introduction	18
III.1 Fonctions de surface	18
III.2 pH isoélectrique (pH_z)	19
III.3 Spectroscopie Infra-Rouge	19
III.4 Courbe d'étalonnage	20
III.5 Optimisation des conditions opératoires	21
III .5.1 Effet de la masse	21
III .5.2 Effet du pH	22
III .5.3 Effet du temps de contact	23
III .5.4 Effet de la température	24
III.5.5 Effet de la force ionique	25
III.6 Modélisation de la cinétique d'adsorption	26

Sommaire

III.6.1	Modèle cinétique du pseudo-premier ordre.	26
III.6.2	Modèle cinétique du pseudo-second ordre	27
III.7	Etude isothermique	29
III.7.1	Isotherme de Freundlich	30
III.7.2	Isotherme de Langmuir	30
III.8	Etude comparative	33
	Conclusion générale	34
	Références bibliographiques	36
	Annexe	
	Résumé	

Liste des abréviations

Abréviation	Désignation
PC	Paracétamol
CA	Charbon actif
PPCPs	Pharmaceutique et produits personnels de soin
C	La concentration
g	gramme
Eq.g	équivalent gramme
L	Litre
M	Molarité
mg	milligramme
min	Minute
R ²	Les coefficients de corrélation
t	Temps
T	Température
tr.min ⁻¹	tour par minute
UV	Ultra Viole
λ_{\max}	Longueur d'onde maximale
K	Kelven
K _L	Constante de Langmuir
K _F	Constante de Freundlich
Q	Quantité adsorbée

Liste des figures

Figure n°	Désignation	Page n°
Figure I.01	Formule développée du paracétamol	04
Figure I.02	Mécanisme du phénomène d'adsorption	06
Figure I.03	Classes des isothermes d'après Gilles et al	08
Figure I.04	Structure cristalline: (a) graphite ; (b) charbon actif	10
Figure II.01	Méthode de calcul des teneurs des différents groupements fonctionnels de surface	14
Figure III.01	Le pH_{pzc} de CA	19
Figure III.02	Spectre FTIR du CA brut(a) et du CA avec PC(b)	20
Figure III.03	Courbe d'étalonnage de PC	21
Figure III.04	Influence de la masse de l'adsorbant sur l'adsorption du PC dans les conditions : $[PC] = 50 \text{ mg.L}^{-1}$, temps de contact = 120 min et $T=25^{\circ}\text{C}$.	22
Figure III.05	Influence du pH de la solution sur l'adsorption du PC dans les conditions : $[PC] = 50 \text{ mg.L}^{-1}$, temps de contact = 120 min, $m = 1.0 \text{ g}$ et $T=25^{\circ}\text{C}$.	23
Figure III.06	Effet du temps de contact et la concentration initiale sur l'adsorption du PC dans les conditions : $[PC] = 50 \text{ mg.L}^{-1}$, $m = 2.0 \text{ g}$ et $T=25^{\circ}\text{C}$ et temps de contact = 180 min	24
Figure III.07	Influence de la température dans la solution de l'adsorption du PC dans les conditions : $[PC] = 50 \text{ mg.L}^{-1}$, temps de contact = 120 min, $m = 1 \text{ g}$.	25
Figure III.08	Influence de la force ionique dans la solution durant l'adsorption du PC dans les conditions : $[PC] = 50 \text{ mg.L}^{-1}$, temps de contact = 120 min, $m = 1 \text{ g}$ et $T=25^{\circ}\text{C}$	26
Figure III.09	Modélisation de la cinétique d'adsorption par l'équation pseudo-première ordre pour le PC	27
Figure III.10	Modélisation de la cinétique d'adsorption par l'équation pseudo-second ordre pour le PC	28
Figure III.11	La courbe d'équilibre isothermique.	29
Figure III.12	Linéarisation d'isotherme d'adsorption de PC selon le Modèle de Freundlich.	31
Figure III.13	Linéarisation d'isotherme d'adsorption de PC selon le modèle de Langmuir.	32

Liste des tableaux

Tableau n°	Désignation	Page n°
Tableau I.01	Caractéristiques des principaux adsorbants industriels.	09
Tableau III.01	Teneur en fonctions des surfaces de charbon actif (meq/g)	18
Tableau III.02	caractéristiques de régression linéaire de ce médicament	21
Tableau III.03	Paramètres cinétiques d'adsorption de PC à 293 K	28
Tableau III.04	Paramètres des isothermes pour l'adsorption du PC	32
Tableau III.05	Etude comparative de l'adsorption de PC sur différents adsorbants	33

The image features three blue spheres of different sizes arranged vertically. The top sphere is the largest, the middle one is the smallest, and the bottom one is the largest. Two thin, light blue diagonal lines cross the page, one from the top-left to the bottom-right and another from the top-right to the bottom-left. The text 'Introduction générale' is written in a blue, serif font, rotated 45 degrees counter-clockwise, and positioned between the two diagonal lines.

Introduction générale

Introduction générale

L'homme a de tout temps cherché des moyens de se protéger de la maladie et de la souffrance. La majorité des produits utilisés ont été découverts dans le règne végétal. Depuis l'Antiquité jusqu'au XVI^e siècle, les plantes, fraîches ou sèches, étaient utilisées sous diverses formes: poudres, baumes ou onguents, huiles essentielles, permettant parfois de présenter le produit actif sous une forme plus concentrée. Aujourd'hui, de nombreuses avancées scientifiques et technologiques dans les domaines de la chimie, de la génétique, de la biochimie, de la biologie ou de l'informatique, ont transformé l'industrie des produits pharmaceutique [1].

Les produits pharmaceutiques sont des éléments importants et indispensables de la vie moderne. Ce groupe des substances décrit une grande classe des contaminants chimiques qui peuvent résulter de l'utilisation humaine et vétérinaire pour traiter des symptômes, des maladies, des infections bactériennes, du stress ainsi que pour prévenir des grossesses et stimuler la croissance d'élevages agricoles et aquacoles. Les études ont montré que plusieurs PPCPs sont aujourd'hui retrouvés dans les différents milieux de l'environnement puisque cette classe des produits comporte non seulement de nouveaux composés disponibles dans le commerce, mais également beaucoup de substances qui ont été récemment détectées, dues au développement des stratégies analytiques puissantes qui diminuent les limites de détection [2].

Les concentrations dans lesquelles les résidus de médicaments se trouvent dans l'environnement dépendent des quantités consommées, des propriétés physicochimiques des résidus, de l'efficacité d'élimination des résidus lors du traitement des eaux dans les stations d'épuration, des caractéristiques du milieu et de la dimension du milieu récepteur. Actuellement, ces concentrations sont très faibles, de l'ordre du ng/L au µg/L. Par contre, en raison de leur présence continue, elles peuvent avoir des conséquences indésirables sur les organismes. Il existe encore beaucoup de lacunes concernant les connaissances relatives aux effets induits par les résidus de médicaments [3].

Ces effets se traduisent notamment par une toxicité chronique, en raison de l'exposition à de très faibles doses pendant une longue période. En outre, la problématique des résidus de médicaments est possiblement amplifiée par deux questionnements : d'une

Introduction générale

part, la bioaccumulation, et d'autre part, l'effet de mélange résultant la multitude de résidus de médicaments différents se trouvant dans l'environnement. L'amélioration des connaissances concernant la toxicité chronique, la bioaccumulation et l'effet de mélange, est fondamentale pour une meilleure évaluation des effets et des risques. Pour nos médicament cible, paracétamol, certains effets ont été démontrés, à des concentrations de l'ordre de celles détectées dans l'environnement, lors d'études d'écotoxicité [3].

Par conséquent, afin de minimiser les risques et éliminer les traces de ces produits pour l'environnement et la santé humaine, il y a plusieurs procédés physicochimiques de traitement les plus courant sont : la coagulation, la précipitation chimique, l'échange d'ions et l'adsorption. Le traitement par la technique d'adsorption est plus utilisé pour son efficacité et plusieurs travaux ont montré que l'adsorption sur le charbon actif est aisément réalisable puisqu'il est un excellent adsorbant : sa capacité d'adsorption des molécules organiques et des gaz est remarquable, d'où son utilisation dans des domaines très variables [3].

L'objectif de notre travail, est d'étudier l'adsorption du paracétamol sur le charbon actif en poudre.

Notre travail est structuré en trois chapitres:

- ✚ Le premier chapitre traite une partie théorique,
- ✚ Le deuxième chapitre présente la partie expérimentale, où on cite les différentes méthodes d'analyse utilisés et le protocole expérimental pour tous les essais qui influent sur le phénomène d'adsorption
- ✚ Le troisième chapitre présente les résultats obtenus à partir des expériences précédentes avec leur discussion.

Enfin, on termine notre étude par une conclusion générale qui résume les principaux résultats de ce travail de recherche avec des recommandations.

The image features three blue, 3D-rendered spheres of different sizes. One large sphere is at the top, a medium one is in the middle, and a smaller one is at the bottom. Two thin, light blue diagonal lines cross the page, one from the top-left to the bottom-right, and another from the top-right to the bottom-left. The text 'Chapitre I: Aperçu Théorique' is written in a blue, serif font, rotated 45 degrees counter-clockwise, and positioned between the two diagonal lines.

Chapitre I: Aperçu Théorique

I.1 Généralité sur Les médicaments

I.1.1 Les médicaments

On entend par médicament toute substance ou composé présenté comme possédant des propriétés curatives ou préventives à l'égard des maladies humaines ou animales, ainsi que tout produit pouvant être administré à l'hôpital ou ailleurs en vue d'établir un diagnostic ou restaurer, corriger ou modifier les fonctions organiques chez l'humain ou l'animal [4].

Le médicament incorpore un principe actif qui est un élément d'origine chimique ou naturelle et qui a la capacité de traitement ou de prévention recherchée.

A ce principe actif sont associés des éléments qui facilitent l'emploi du médicament les excipients, des substances d'origine chimique ou naturelle, qui ne présentent pas d'effet curatif ou préventif. Ces éléments sont inertes mais néanmoins essentiels, car ils rendent possible l'utilisation du médicament.

L'ensemble du principe actif et des excipients constitue la forme pharmaceutique, c'est à dire le médicament dans sa forme destinée à être administrée à l'homme [5].

Notre choix s'est porté sur un produit largement consommés, le paracétamol.

I.1.2 Le paracétamol

Le paracétamol est largement utilisé comme produit pharmaceutique. Il a une action antalgique, destiné principalement aux humains. Cette substance organique pénètre dans l'environnement par les eaux usées et agricoles ce qui entraîne des problèmes écologiques et sanitaires tels que : l'écotoxicité, carcinogénèse, etc..[6].

I.1.2.1 Propriétés physico-chimiques

Le paracétamol (1-hydroxy 4-acétamidobenzène) est une poudre cristalline, blanche, inodore, de saveur amère, assez soluble dans l'eau et facilement soluble dans l'éthanol, et l'acétone. Il est soluble dans le méthanol, le diméthylformamide et l'acétate d'éthyle. Le paracétamol est un acide faible dont le pKa est proche de 9,5 à 25°C ; avec un maximum d'absorption de 245 nm en UV en solution acide et de 257 nm en alcaline. Il a une masse moléculaire de 151,2 unités et un point de fusion variant de 169 à 172°C (Pharmacopée européenne, 1977). Le paracétamol est utilisé pour ses propriétés

Chapitre I: Aperçu Théorique

analgésiques-antipyrétiques mais il est dépourvu d'effet anti inflammatoire. Il entre dans la composition d'une soixantaine de spécialités pharmaceutiques, peut se présenter sous différentes formes ou conditionnements: sirops, poudre à diluer, suppositoires, gélules, comprimés effervescents, cachets, etc (**Figure I.1**).

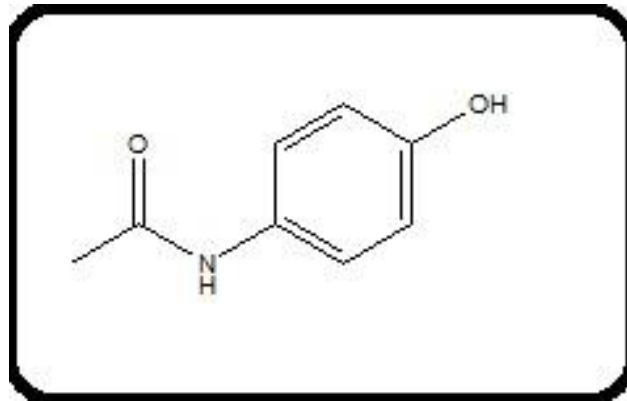


Figure I.1: Formule développée du paracétamol [7].

I.1.2.2 Toxicité du paracétamol

Il n'est pas toujours évident de déceler une intoxication au paracétamol. Dans les heures qui suivent l'intoxication, il y a parfois des troubles digestifs, des anorexies, nausées, vomissements, diarrhées et sueurs, mais le plus souvent les intoxiqués ne se plaignent de rien. Il faut faire attention car l'absence de symptôme pendant les 24 premières heures ne préjuge en rien de la bénignité ou de la gravité de l'intoxication. Le foie peut en effet se détruire silencieusement et au bout de trois jours et quand les signes sont patents, il est souvent trop tard. Si les intoxications par le paracétamol sont fréquentes et potentiellement fatales, leur gravité a été très limitée par l'utilisation de N-acétylcystéine comme antidote [8].

I.2 Généralités sur le phénomène d'adsorption

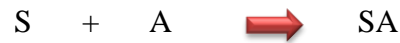
Les molécules, ions ou atomes formant la surface d'un solide sont soumis à des forces dissymétriques qui se traduisent par un champ de force attractif. Ce champ est suffisant pour attirer les molécules de gaz ou de liquide situées au voisinage immédiat de l'interface. Ce sont ces forces qui provoquent la fixation des molécules à la surface. Ce phénomène est appelé adsorption [9].

I.2.1 Adsorption

Chapitre I: Aperçu Théorique

C'est un phénomène physico-chimique par lequel une espèce chimique liquide ou gazeuse se fixe à la surface d'un solide. La nature de la surface d'adsorbant joue un rôle essentiel dans ce phénomène.

Si S correspond aux sites adsorbants à la surface du corps solide et A les espèces d'adsorbats dissoutes dans l'eau, ces sites vont être occupés par ces espèces selon la réaction suivante :



Ces forces conduisent respectivement à deux types d'adsorption: la chimisorption (adsorption chimique) et la physisorption (adsorption physique), moins énergétique [10].

I.2.2 Types d'adsorption

Selon les types et la nature des interactions adsorbat-adsorbant ou les forces qui maintiennent les adsorbats sur la surface solide, on distingue deux types d'adsorption : la physisorption et la chimisorption.

Adsorption physique (physisorption)

C'est une adsorption de type physique, qui se produit lorsque les forces qui fixent l'adsorbat dans une couche à la surface de l'adsorbant sont du même ordre que les forces de Van der Waals, Ce type d'adsorption se caractérise par :

- La rapidité dans l'établissement de l'équilibre entre la phase adsorbée et la phase fluide
- Une chaleur d'adsorption sensiblement du même ordre que la chaleur de liquéfaction du gaz adsorbé.
- Une réversibilité relativement facile et une absence de spécificité.

Adsorption chimique (Chimisorption)

C'est une adsorption de type chimique, qui résulte des forces de liaison de nature chimique (nettement supérieures aux forces de Van der Waals) avec mise en commun ou transfert d'électrons; il y a donc des ruptures et des créations de liaisons chimiques en surface entre le réactif et les sites actifs de l'adsorbant.

La chimisorption se caractérise par :

- Un équilibre long à atteindre entre la phase adsorbée et le milieu fluide

Chapitre I: Aperçu Théorique

- Une augmentation de la quantité de matière adsorbée avec la température; Une chaleur dégagée durant l'adsorption comparable aux chaleurs de réaction (de 40 à 100 kJ/mol), environ 10 fois supérieure à l'adsorption physique
- La non-réversibilité
- Une spécificité marquée, dans le sens que sur un adsorbant déterminé se fixent certains adsorbats.

Quand les conditions s'y prêtent, l'adsorption chimique peut assez souvent se superposer à l'adsorption physique [11].

I.2.3 Description du mécanisme d'adsorption

Le processus d'adsorption se déroule en quatre étapes comme il est représenté sur la **Figure I.2** les étapes sont :

1. Diffusion de l'adsorbat de la phase liquide externe vers celle située au voisinage de la surface de l'adsorbant
2. Diffusion extra-granulaire de la matière (transfert du soluté à travers le film liquide vers la surface des grains) ;
3. Transfert intra-granulaire de la matière (transfert de la matière dans la structure poreuse de la surface extérieure des grains vers les sites actifs)
4. Réaction d'adsorption au contact des sites actifs, une fois adsorbée, la molécule est considérée comme immobile [12].

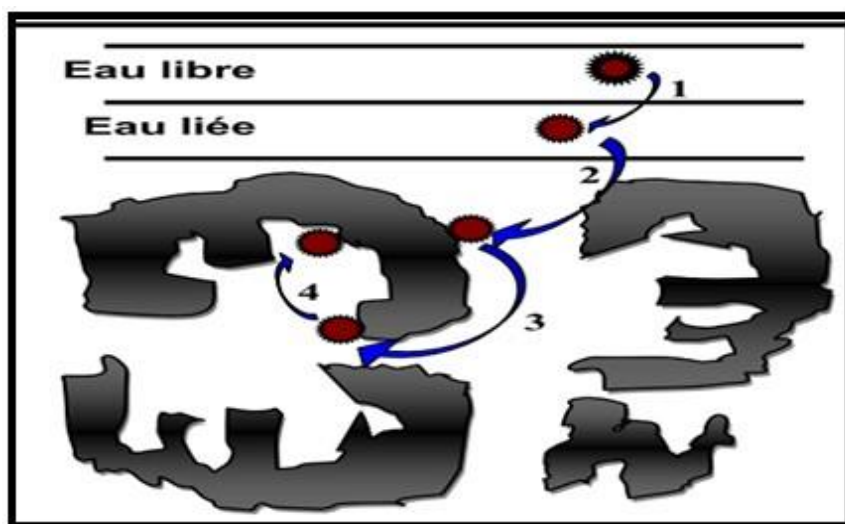


Figure I.2 : Mécanisme du phénomène d'adsorption [12].

Chapitre I: Aperçu Théorique

I.2.4 Facteurs influençant l'adsorption

Les paramètres qui affectent l'adsorption sont [12] :

1. La concentration initiale de l'adsorbat
2. La quantité d'adsorbant
3. La concentration de l'adsorbant
4. La granulométrie de l'adsorbant
5. Le pH
6. La force ionique
7. La température

I.2.5 Application de l'adsorption

Le phénomène d'adsorption est appliqué dans plusieurs domaines : comme méthode de séparation et d'élimination. En effet, la principale opération de ce type est la déshumidification de l'air ou d'autres gaz. On peut également citer l'élimination d'odeurs ou d'impuretés sur des gaz, la récupération de solvants. Elle est aussi utilisée dans la décoloration des produits pétroliers et des solutions aqueuses de sucre, le fractionnement des mélanges d'hydrocarbures [9].

I.2.6 L'isothermes d'adsorption

Les isothermes d'adsorption sont des courbes expérimentales qui représentent les variations (masse ou volume) du substrat adsorbé (gaz ou liquide) en fonction de la concentration (en phase liquide) ou de la pression (en phase gazeuse) [13,14].

I.2.7 Classification des isothermes d'adsorption

Les isothermes de type C :

L'allure des courbes sont sous formes des droites qui passe par l'ordonné à l' origine qui est le zéro, la signification de cette courbe est que le rapport entre la concentration dans la solution aqueuse et la quantité adsorbée est le même à n'importe quelle concentration. Elles concernent les molécules flexibles pouvant pénétrer loin dans les pores.

Les isothermes de type L :

Chapitre I: Aperçu Théorique

Le rapport entre la concentration dans la solution aqueuse et la quantité adsorbée diminue lorsque la concentration du soluté augmente, l'allure de la courbe est concave, une saturation progressive de l'adsorbant.

Les isothermes de type H :

C'est un cas particulier de l'isotherme de type L. Le soluté indique par fois une affinité si élevée pour le solide.

Les isothermes de type S :

A travers la courbe, le point d'inflexion montre que ce type d'adsorption résulte d'au moins deux mécanismes opposés, ce phénomène est appelé l'adsorption coopérative.

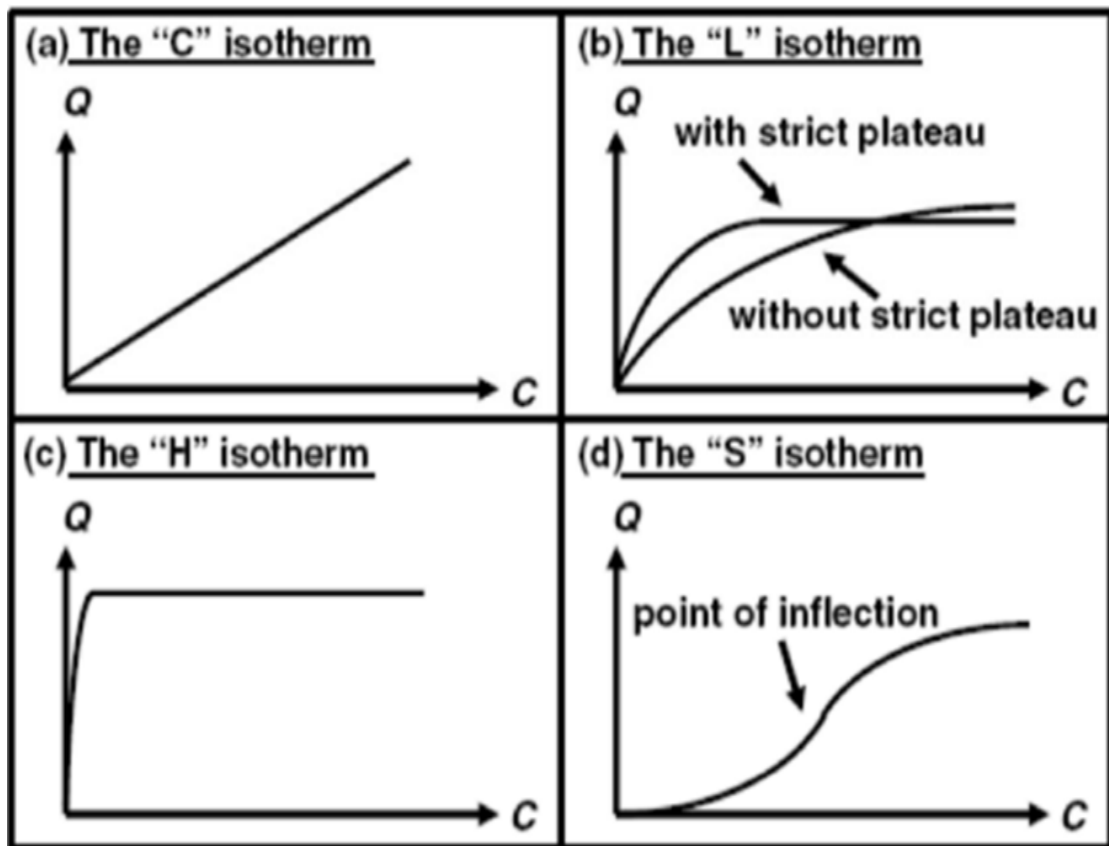


Figure I.3 : Classes des isothermes d'après Gilles et al. [15].

I.3 Les adsorbants

I.3.1 Généralités

Tous les solides sont des adsorbants. Cependant, seuls les adsorbants ayant une surface spécifique suffisante peuvent avoir des intérêts pratiques. Les adsorbants industriels doivent avoir les qualités suivantes :

Chapitre I: Aperçu Théorique

- ✚ Haute capacité d'adsorption
- ✚ Grande efficacité pour adsorber des substances de faibles concentrations
- ✚ Sélectivité élevée
- ✚ Aptitude à être facilement régénérés et utilisés de nouveau
- ✚ Grande inertie chimique Prix peu élevé [9].

Tous les adsorbants sont caractérisés par un certain nombre de propriétés physiques :

- ✚ Porosité interne
- ✚ Fraction de vide externe correspondant à un garnissage en vrac
- ✚ Masse volumique de la particule
- ✚ Masse volumique réelle Surface spécifique des pores Rayon moyen des pores [16].

Les principaux adsorbants employés dans l'industrie sont les charbons actifs, les zéolithes, les gels de silices et les alumines activées dont les caractéristiques sont récapitulées dans le **tableau I.1**.

Tableau I.1 : Caractéristiques des principaux adsorbants industriels [17].

Adsorbants	Surface spécifique ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	Tailles des pores (nm)	Porosité interne unité
Charbon actif	400 à 2000	1.0 à 4.0	0.4 à 0.8
Zéolithes	500 à 800	0.3 à 0.8	0.3 à 0.4
Gels de silice	600 à 800	2.0 à 5.0	0.4 à 0.5
Alumines activées	200 à 400	1.0 à 6.0	0.3 à 0.6

Le principal adsorbant utilisé en pratique est le charbon actif puisqu'il est un excellent adsorbant : sa capacité d'adsorption des molécules organiques et des gaz est remarquable, d'où son utilisation dans des domaines très variables [18].

I.3.2 Le charbon actif

I.3.2.1 Définition

Les charbons actifs sont préparés par pyrolyse d'une matière contenant du carbone, charbon ou matériau végétal, pour conduire à un charbon de bois qui est ensuite oxydé par la vapeur d'eau dans des conditions contrôlées pour créer une structure microporeuse. Il existe plusieurs centaines de qualités de charbons actifs, suivant le

Chapitre I: Aperçu Théorique

précurseur et les conditions de traitement. On peut aussi trouver des charbons actifs dits « chimiques », car activés à chaud en présence d'agents chimiques déshydratants, comme l'acide phosphorique ou le chlorure de zinc ce sont des adsorbants hydrophobes dont la surface spécifique se situe entre 500 et 1500 m²/g.

Leur porosité, leur vaste domaine d'application et leur coût font des charbons actifs les adsorbants les plus répandus.[19]

I.3.2.2 Structure du charbon actif

La structure du charbon actif est semblable à celle du graphite. En effet la structure cristalline de ce dernier consiste en un ensemble de couches planes d'atomes de carbone, ordonnés en hexagone réguliers, comparables aux cycles aromatiques (**Figure I.4**).

L'analyse de diffraction aux rayons X, révèle que sa structure est graphitique, mais avec quelques différences, notamment par la disposition de ces couches planes d'atomes de carbone en un agencement désordonné et par la formation de groupements fonctionnels, dus à la présence d'hétéroatomes (oxygène, métaux, hydrogène...) dans le réseau cristallin [20,21]. Ces modifications de structure pourront engendrer des interactions spécifiques (groupements fonctionnels) et des interactions non spécifiques (hétérogénéité du réseau) pour cet adsorbant [22,23].

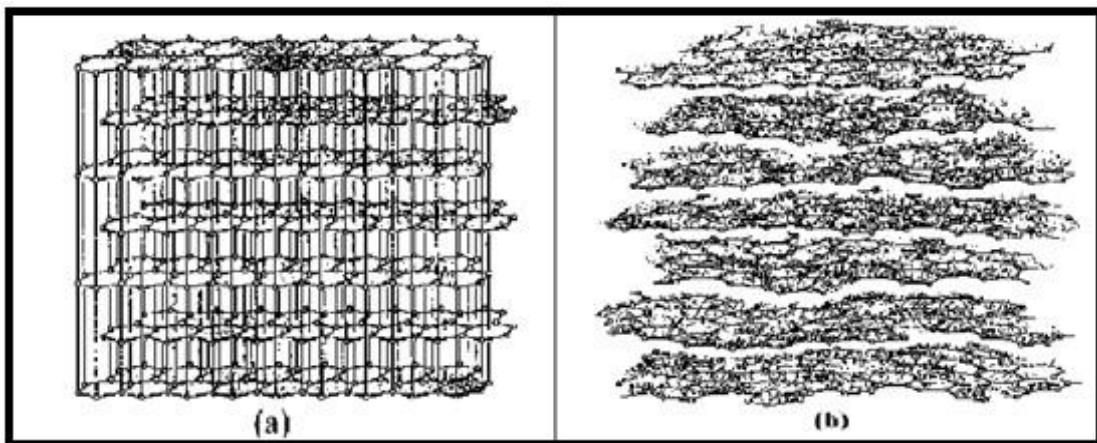


Figure I.4: Structure cristalline: (a) graphite ; (b) charbon actif [24].

I.3.2.3 Les applications du charbon actif

Les charbons actifs sont utilisés dans la plupart des procédés industriels. Ils interviennent dans les industries chimiques, pharmaceutiques et agro-alimentaires pour purifier les produits.

Chapitre I: Aperçu Théorique

+ Médecine et pharmaceutique :

- Chélateur dans un grand nombre d'intoxications
- Epuration digestive et abaissement du taux de cholestérol total et en particulier du taux des LDL
- Anti-diarrhéique dans les cas des diarrhées
- Aigreurs d'estomac, aérophagies, flatulences
- Dans les cas de gastro-entérites, de gastralgies et dans les états d'infection de l'intestin accompagnés de constipation.

+ Agroalimentaire:

- Décoloration des eaux et autres liquides alimentaires tels que les boissons gazeuses
- Décoloration des édulcorants (glucose, saccharose), des acides organiques issus de procédés fermentaires, des acides aminés et des vitamines ;
- Purification des huiles végétales et animales ;
- Abattement de toxines dans les jus de fruits ;
- Détachage des vins blancs, comme le Champagne produit à partir de raisin noir,
- Décoloration du sucre.

+ Industrie chimique

- Stockage de l'hydrogène (nano-fibres de charbon actif ou de dérivés du charbon)
- Support pour métaux catalytiques ultra divisés (platine ou nickel sur charbon actif)
- Elimination des hydrocarbures dans l'eau
- Extraction de l'or des minerais (fixation sur le charbon actif)
- Balais (frotteurs) dans les générateurs et moteurs (utilisation de plus en plus rare)
- Traitement des effluents liquides
- Traitements des gaz (Composés Organiques Volatils COV) [25].



Chapitre II: Protocole Expérimentale

Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les techniques d'analyse ainsi que les différents protocoles expérimentaux, les expériences d'adsorption qui consistent à étudier les paramètres qui influent sur le phénomène d'adsorption de PC par le charbon actif, tels que le temps, la masse, le pH et la température.

Toutes ces expériences ont été fait au niveau des laboratoires de recherche Génie des Procédés de département de Génie des procédés de l'université de Laghouat.

II.1 Appareillage et réactifs

II.1.1 Appareillage

- Agitateurs magnétiques
- Bain Marie à agitation du type Nuvest 30
- Un pH-mètre (WTW INOLAB 7310)
- Balance analytique
- Spectrophotomètre UV-Visible (UVILINE 9400)
- Micropipette 1000 μ l
- Flacon de 50 et 100ml
- Bécher (100, 150,250ml)
- Eprouvettes (50, 100ml)
- Fioles (100, 250, 500, 1000ml)
- Tube d'essai
- Pipete
- Entonnoirs
- Erlenmayer
- Cuve en quartz
- Papier filter
- Une seringue
- Pissete

II.1.2 Réactifs chimiques utilisés

Les produits chimiques utilisés dans cette étude sont :

Chapitre II: Protocole Expérimental

- Paracétamol pur (Sigma -Aldrich) à 99,9 %
- Charbon actif en poudre Riedel-de Haen AG.D-3016 Seelze1
- Acide sulfurique concentré H_2SO_4
- Eau distillé préparée au laboratoire
- Sodium chlorhydrique NaCl
- Bicarbonate de sodium $NaHCO_3$
- Le carbonate de sodium Na_2CO_3
- l'acide chlorhydrique HCl

II.2 Préparation du charbon actif

Le charbon actif utilisé Riedel-de Haen AG.D-3016 Seelze1 se présente sous forme d'une poudre de granulométrie inférieure ou égale à 50 μm . Avant chaque utilisation, le charbon subit une déshydratation dans l'étuve à 110°C pendant 24 heures.

II.2.1 Caractérisation de Charbon actif

La connaissance des propriétés physico-chimiques et structurales d'un matériau quel qu'il soit, est nécessaire pour contribuer à la compréhension de beaucoup de phénomènes tels que l'adsorption, la désorption, l'échange ou autres. Dans ce but, le charbon actif, a été caractérisées en utilisant différents paramètres avec différentes techniques analytiques brièvement décrites ci-dessous :

II.2.2 Détermination des fonctions de surface

La méthode de Boehm, [26] permet une évaluation quantitative des fonctions acides et basiques de surface d'un charbon actif .La teneur des fonctions acides et basiques introduites, lors du traitement du charbon actif, a été déterminée en utilisant la méthode de dosage proposé par Boehm. Cette dernière est basée sur l'utilisation des bases force croissante suivante :

- le bicarbonate de sodium $NaHCO_3$
- le carbonate de sodium Na_2CO_3
- L'hydroxyde de sodium NaOH
- Les groupements basique ont été neutralisés par une solution d'acide chlorhydrique

De point de vue expérimental, On a mélange environ de 0,5 g de charbon actif dans un Erlenmeyer de fermeture avec 25 mL de solution aqueuse de réactifs (NaOH, ou

Chapitre II: Protocole Expérimental

Na_2CO_3 ou NaHCO_3 ou HCl), Les mélanges ont été agités pendant 48h à une vitesse constante et la température ambiante. Puis on sépare par filtration, et on dose la solution de volume 5 mL avec d'une solution HCl (ou NaOH) standard 0.1 mol/L.

Le nombre de sites divers fonctions acides est calculé selon le schéma de la figure en considérant que NaHCO_3 neutralise les groupes carboxyliques. Na_2CO_3 , neutralise les groupes carboxyliques et les groupes lactones et NaOH neutralise les groupes carboxyliques, lactones et phénoliques. Le nombre de sites basique est calculé à partir de la quantité de HCl qui a réagit avec le charbon actif.

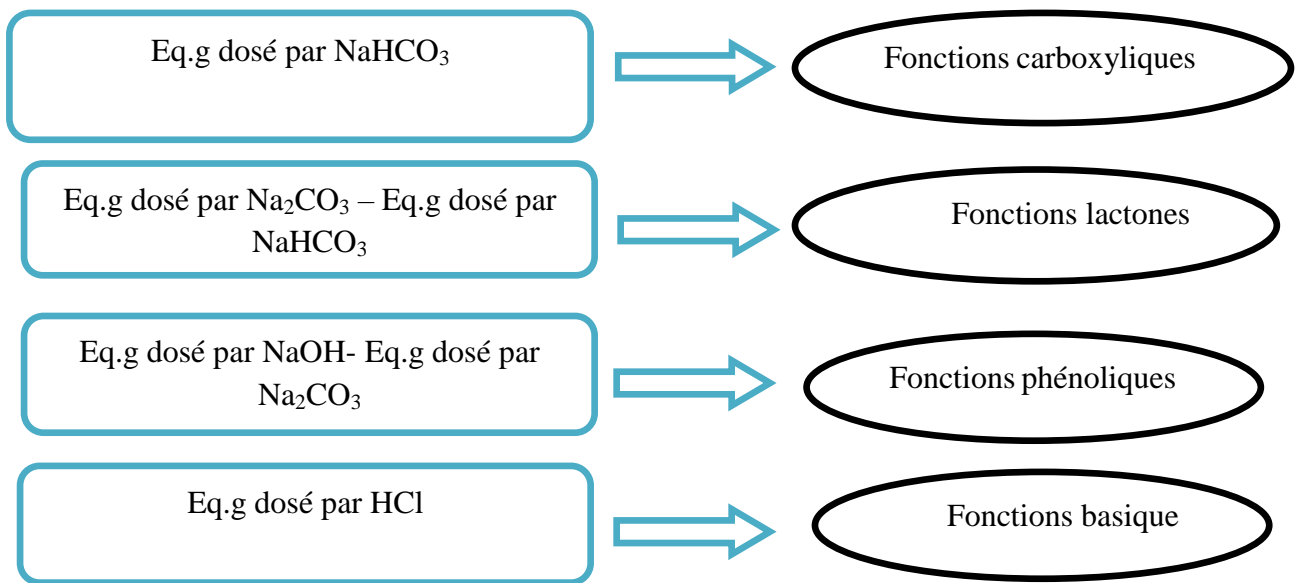


Figure II.1 : Méthode de calcul des teneurs des différents groupements fonctionnels de surface

II.2.3 pH isoélectrique (pH_{zpc})

Le pH de charge nulle (pH_{zpc}) de charbon actif, traité à l'acide phosphorique concentré, a été déterminé selon la méthode de [27], Des volumes de 20 mL d'une solution de NaCl (0.1mol/l) sont introduits dans des béchers. Le pH (initial) de chacune des solutions est ajusté à un pH variant de 1 à 12 par ajout de HCl ou de NaOH concentré pour éviter l'effet du volume. Une masse de 0.1 g d'adsorbant (CA) est introduite dans un bécher où le pH de la solution est fixe. Ces derniers sont soumis à une agitation magnétique (250 tr.mn^{-1}) durant 72 heures à 20°C . Le pH (final) de chaque solution est mesuré après ce temps d'agitation. Le point d'intersection de courbe ΔpH (qui est $\text{pH}_i - \text{pH}_f$) = $f(\text{pH}_i)$ est le point de charge zéro de la surface de l'adsorbant.

Chapitre II: Protocole Expérimental

II.2.4 Spectroscopie infrarouge à transformé de Fourier

La spectroscopie infrarouge à transformé de Fourier est utilisée pour la détermination des fonctions principales de l'adsorbant est de marque « FT Bomen-Michelson Type Canada ». L'analyse est effectuée à l'état solide sur des pastilles de 1 cm de diamètre et de 2 mm d'épaisseur obtenues par un mélange et 2 mg de l'adsorbant avec 98 mg de KBr. L'enregistrement du spectre absorbance en fonction du nombre d'onde $A = f(1/\lambda)$ permet de mettre en évidence la présence des bandes caractéristiques de l'adsorbant.

II.2.5 Spectroscopie UV-Visible

Le dosage de PC est réalisé par spectrophotométrie UV-Visible. Le principe d'analyse par spectrophotométrie UV-visible est basé sur la loi de Beer Lambert :

$$A = \epsilon.l.C \quad \text{Eq I.1}$$

Avec :

A :	Absorbance (sans unité)
ϵ:	Coefficient d'absorption moléculaire ou coefficient d'extinction molaire ($l.mol^{-1}.cm^{-1}$ ou $cm^2.mol^{-1}$)
l :	Trajet optique (cm)
C :	Concentration de la substance dans la solution (mol/l)

En d'autres termes, on mesure la capacité de cette substance à absorber la lumière qui la traverse. Cette analyse est réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible permettant de déterminer la teneur de paracétamol passant par le tracé de la courbe d'étalonnage à partir d'une série d'étalons préparés. Les analyses de notre étude sont effectuées sur un spectrophotomètre piloté par ordinateur, à une longueur d'onde ($\lambda = 243nm$).

II.3 Préparation des solutions et des réactifs

A partir de solution mère du paracétamol de concentration de $1g.L^{-1}$ obtenue par dilution directe d'une masse de 0.25g du standard pur de ce médicament dans 250 mL d'eau distillée, nous avons préparé des solutions filles à des concentrations allant de $1 mg.L^{-1}$ jusqu'à $50 mg.L^{-1}$. Celles-ci sont, par la suite, analysées par UV.Visible. Nous

Chapitre II: Protocole Expérimental

établissons ainsi une courbe d'étalonnage représentant l'adsorption, en fonction de la concentration initiale.

II.3.1 Préparation des solutions de chlorure de sodium

Pour préparer la solution de NaCl (10g/l ; 30g/l ; 50g/l), on pèse (1 ; 3; 5g) de NaCl qu'on dissout dans 100ml d'eau distillée. Cette solution est préparée aussi pour ajuster la force ionique.

II.3.2 Préparation de la solution d'hydroxyde de sodium NaOH

Pour préparer la solution de NaOH (0.1M), on pèse 0.4 g de NaOH (M= qu'on dissout dans 100 ml d'eau distillée.

II.3.3 Préparation de la solution d'acide sulfurique H₂SO₄ (0.1M)

Pour préparer la solution de H₂SO₄ (0.1M), on prend 0.3 ml de H₂SO₄ (M=98). concentré dans 100 ml d'eau distillée.

II.4 Essais d'adsorption

Les expériences d'adsorption ont été effectuées en système batch dans des béchers de 100 ml. Dans chaque bécher une masse optimisée d'adsorbant a été soigneusement mélangée avec 100 mL de la solution de PC. Les échantillons sont filtrés et dilués pour mesurer enfin la concentration résiduelle du PC.

II.4.1 Influence de la masse d'adsorbant

Nous avons réalisé cette expérience pour des masses variant de 0.5 à 3 g. dans 50 ml de solution (50 ppm) L'agitation est assurée durant 120min

II.4.2 Influence de pH

Dans cet essai, on doit répartir dans 6 flacons le volume de 50 ml à partir de la solution de Paracétamol (50 ppm), ensuite en ajoutant quelques gouttes soit de solution H₂SO₄ (0.1N) ou NaOH (0.1N) pour avoir des solutions des valeurs de pH souhaitées de 2, 4, 6, 7,8 et 10. La lecture du pH est effectuée à l'aide d'un pH-mètre. Après avoir fixé le pH de chaque flacon, on ajoute 1g de l'adsorbant local puis on le fait subir une agitation dans un bain à agitation pendant 2 heures

II.4.3 Influence du temps de contact

Chapitre II: Protocole Expérimental

Pour déterminer le temps d'équilibre qui correspond à une adsorption maximale, quatre solutions filles de concentration initiales égales à 10, 20, 30, 50 ppm sont préparées à partir de solution mère de paracétamol. On ajoute 2g de charbon actif. Nous le mettons sur un agitateur magnétique pendant 3 heures. Pendant la durée d'agitation continue de ce mélange, on prélève chaque fois une quantité à des intervalles de temps différents. Ces quantités prélevées sont filtrées, diluées pour dosées par la technique UV-Visible.

II.4.4 Influence de la température

Pour l'étude de l'influence de la température de la solution sur la quantité adsorbée 50 ml de solution de 50 ppm et ajouter 1g de charbon actif différentes températures (25, 30, 40, 50, 60) sur bain ultrason pendant 2 heures.

II.4.5 Influence de la force ionique

On ajoute aux solutions de (50 ppm) de Paracétamol (10g/l, 30g/l, 50g/l) de NaCl mise en contact avec 1g de charbon actif maintenues en agitation pendant 60min à une température ambiante.

The page features a decorative design with three blue spheres of varying sizes and two thin blue lines. One large sphere is at the top, a medium one is in the middle, and a large one is at the bottom. Two lines intersect to form an 'X' shape, with the text 'Chapitre III: Résultats et discussion' written along the diagonal line that runs from the top-left to the bottom-right.

Chapitre III: Résultats et discussion

Introduction

Dans ce chapitre, les résultats expérimentaux sont présentés comme suit : tout d'abord une caractérisation nécessaire de charbon actif pour une identification des oxydes de surface, par les techniques d'IR etc... Les résultats vont permettre de mieux appréhender l'adsorption du PC sur le CA. Ensuite les résultats d'optimisation des différents paramètres qui influent sur l'adsorption du polluant qui a été étudié tels que : la masse d'adsorbant, le temps de contact, la température, le pH de solution. Nous avons vérifié aussi les modèles d'adsorption cinétique et isothermique comme le modèle pseudo-premier ordre, le modèle pseudo-second ordre et les modèles de Freundlich et de Langmuir afin de déterminer la nature de cette adsorption suivie d'une étude comparative.

III.1 Fonctions de surface

Le titrage de Boehm a été utilisé pour déterminer la quantité des fonctions de surface ; la quantité des groupes fonctionnels tels que carboxyliques, lactoniques et phénoliques. Les résultats de dosage des fonctions de surface du CA par la méthode de Boehm sont résumés dans Le **tableau III.1**. Evidemment, la quantité totale des groupes acides (0.92 mmol/g) est équivalente à celle de groupes basiques (0,89 mmol/g), indiquant que la surface de CA est de caractère acide. Ces résultats viennent confirmer ceux trouvés pour le pH_{pzc} .

Tableau III.1: Les Fonctions de surface de charbon actif (meq/g)

Sites actives	meq/g
Sites acides totaux	0.92
Carboxylique	0.7
Lactone	0.04
Phénolique	0.18
Sites basiques totaux	0.89

Chapitre III: Résultats et discussion

III.2 pH isoélectrique $pH_{(ZPC)}$

A la surface de l'adsorbant peuvent apparaître des charges positives ou négatives en fonction du pH du milieu. Le pH_{pzc} est le pH dans lequel le nombre de charges négatives est égal à celui de charges positives de sorte que la charge nette du solide est nulle. D'une manière générale, si le pH du milieu est plus élevé que le point de charge zéro du solide, il y a une prédominance de charges négatives dans l'adsorbant, au contraire si le $pH < pH_{pzc}$ les particules du solide sont chargées positivement. Le résultat de l'étude du point de charge zéro est représenté par la **figure III.1**. Les concentrations de H^+ et OH^- adsorbés à la surface sont égales et par conséquent, la charge de la surface est neutre à ce point. La valeur du point de charge zéro obtenue révèle que le solide est de caractère neutre, c'est-à-dire, la concentration des sites acides égales que celle des sites basiques.

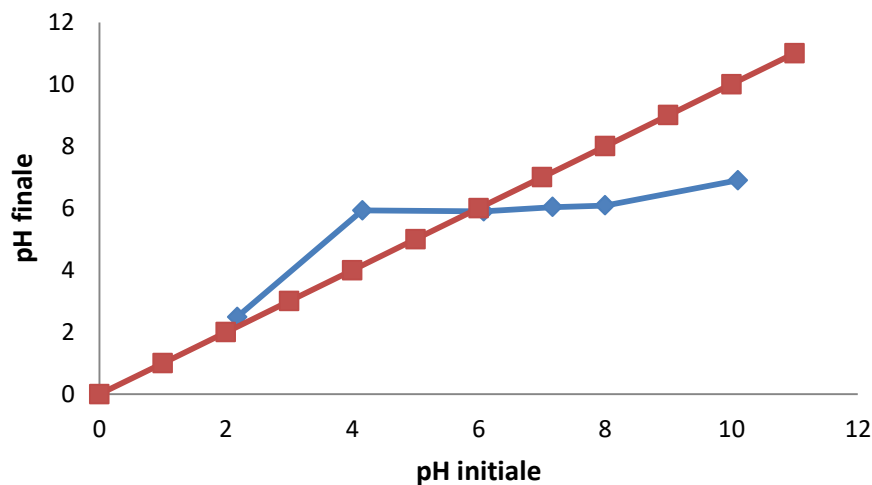


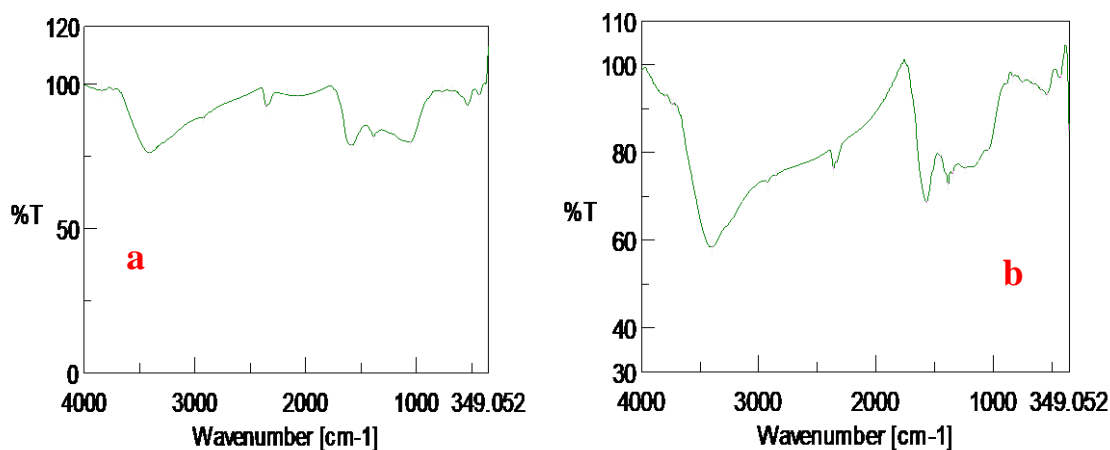
Figure (III.1): Le pH_{pzc} de CA

III.3 Spectroscopie Infra-Rouge

L'analyse des charbons actifs par spectroscopie infrarouge (IR) a été réalisée au Laboratoire de Recherche de l'université de Laghouat, afin d'identifier le plus complètement possible les principales fonctions chimiques présentes à la surface de ces derniers. Cette analyse a été menée sur un appareil de spectroscopie infrarouge de type FTIR 8400S Shimadzu utilisant la technique de la pastille KBr sous haute pression. L'analyse a été faite sur une plage de longueur d'ondes allant de $400-4000\text{ cm}^{-1}$.

Chapitre III: Résultats et discussion

Les spectres d'analyse par infra rouges des différents adsorbants des charbons actifs bruts et des charbons actifs avec PC sur la **Figure (III.2)**. La large bande d'absorption comprise entre $3400\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ correspond aux vibrations d'élongation de l'hydrogène des groupes hydroxyles O-H (de carboxyles, phénols ou alcools) et de l'eau adsorbée [28]. Elle correspond aussi vibration d'élongation de O-H de cellulose, pectine et lignine [29]. Les spectres d'IR montrent des bandes d'absorption comprises entre 2930 et 2850 cm^{-1} résultant principalement des vibrations d'élongation de C-H des molécules aliphatiques. La petite bande vers 1700 cm^{-1} est attribuée aux vibrations d'élongation des groupes C=O (des cétones, aldéhydes, lactones ou des groupes carboxyliques), les spectres montrent également une bande à $1650\text{--}1600\text{ cm}^{-1}$ due aux vibrations d'élongation des liaisons C=C de la structure oléfinique, les bandes comprises entre 1000 et 1350 cm^{-1} sont assignées aux vibrations des liaisons C-O[28].



Figure(III.2): Spectre FTIR du CA brut(a) et du CA avec PC(b)

III.4 Courbe d'étalonnage

Afin de déterminer les concentrations résiduelles de produit pharmaceutique, nous avons préparé des solutions étalons de concentrations comprises entre 1 ppm et 6 ppm nous avons évité des concentrations supérieures afin de ne pas saturer la colonne. Pour chaque point, l'injection a été répétée trois fois.

La courbe d'étalonnage obtenue pour le médicament est représentée dans la **Figure (III.3)**

La courbe d'étalonnage de cette molécule présente de bonne corrélation à la longueur d'onde caractéristique.

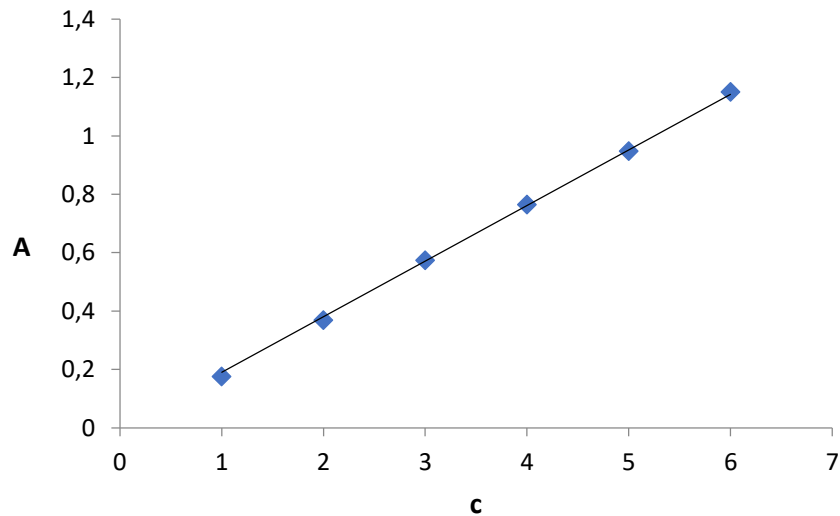


Figure (III.3): Courbe d'étalonnage de PC

D'après la **Figure (III.3)** le coefficient de corrélation pour le paracétamol à 243 nm est d'une valeur importante est égal à 0.9999. On peut conclure que le domaine de travail choisi satisfait les limites relatives à la loi de Beer-Lambert. Le tableau suivant représente les caractéristiques de régression linéaire.

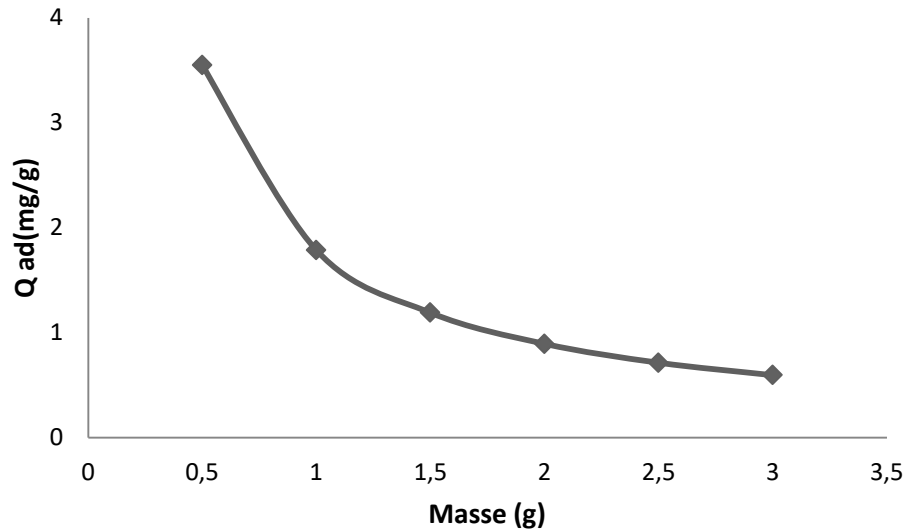
Tableau(III.2) : caractéristiques de régression linéaire de ce médicament

composé	Equation de la droite	Coefficient de corrélation (R^2)
paracétamol	$Y=0.1904$	0.9999

III.5 Optimisation des conditions opératoires

III.5.1 Effet de masse

La masse de l'adsorbant est un facteur très important influençant l'adsorption du PC. Dans cette étude, nous fixons le volume de la solution (50 ml) tous en faisant varier la masse du CA. Les résultats obtenus sont représentés dans la **Figure (III.4)**. La figure nous donne la quantité d'adsorption du PC en fonction la masse du CA.



Figure(III.4): Influence de la masse de l'adsorbant sur l'adsorption du PC dans les conditions : [PC] = 50 mg.L⁻¹, temps de contact = 120 min, et T=25 °C.

Selon la **Figure III.4**, on peut observer que la capacité d'adsorption diminue jusqu'à l'équilibre, ce qui signifie qu'avec l'augmentation de la masse d'adsorbant, la capacité d'adsorption diminue. Dans ce cas la masse optimale **m= 0.5g**.

III.5.2 Effet de pH

Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption, du fait qu'il peut influencer à la fois la structure d'adsorbant et d'adsorbât ainsi que le mécanisme d'adsorption, nous avons étudié l'efficacité d'adsorption de PC à des pH différents (2,4, 6,7,8 et 10) à l'aide d'une solution acide sulfurique H₂SO₄ (0,1N) ou de la soude NaOH (0,1N) selon le pH voulu. Les résultats obtenus lors de ces essais, sont présentés sur la Figure (III.5)

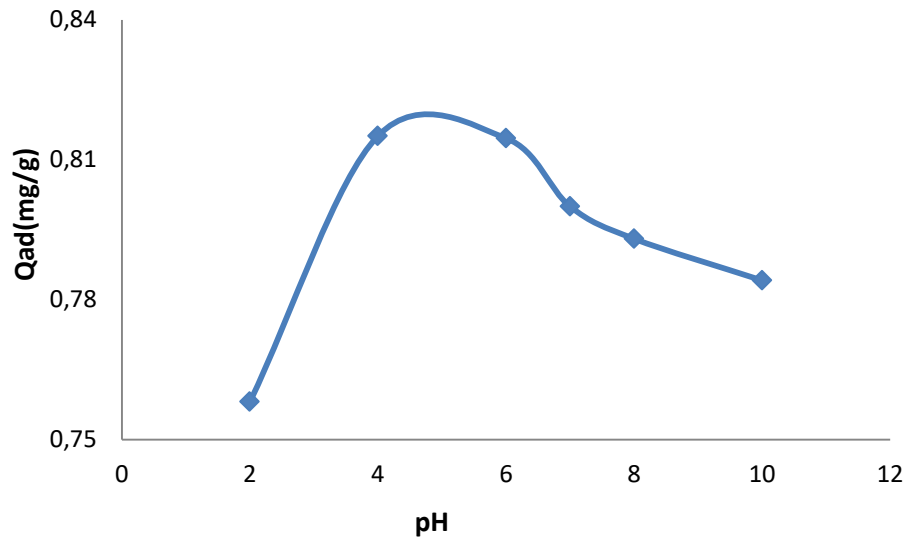


Figure (III.5): Influence du pH de la solution sur l'adsorption du PC dans les conditions : $[PC] = 50 \text{ mg.L}^{-1}$, temps de contact = 120 min, $m = 1.0 \text{ g}$ et $T=25 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

A partir de la figure (III.5) on observe que le pH augmente de 2 à 5 avec la quantité adsorbée est 0.75 mg/g à 0.82 mg/g, après pH 5, la capacité de rétention diminue graduellement dans la gamme 5 à 10 pour des valeurs élevées du pH. Ceci est relatif à la charge de la surface qui est très dépendante du pH de la solution. Alors le pH optimal est $\text{pH} = 5$.

III.5.3 Effet du temps de contact

Les essais relatifs pour déterminer l'effet du temps de contact ont été réalisés à température ambiante et à pH des solutions. La concentration 10,20,30,50 ppm dans des volumes de 100 ml et des masses d'adsorbant 2g dans chaque flacon. L'ensemble est mis sous une agitation. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure (III.6)

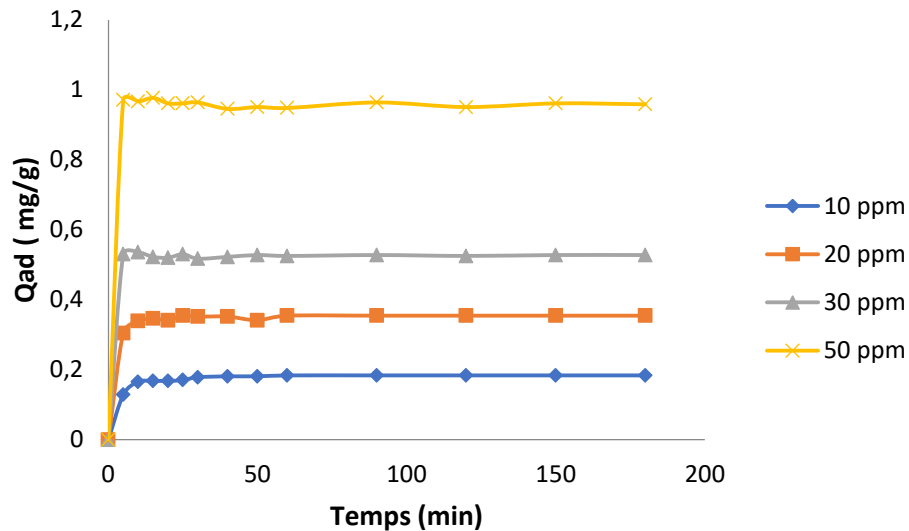


Figure (III.6) : Effet du temps de contact et la concentration initiale sur l'adsorption du PC dans les conditions : : $[PC] = 50 \text{ mg.L}^{-1}$, $m = 2.0 \text{ g}$, $T = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ et temps de contact = 180 min.

Les résultats des essais d'adsorption du PC de la Figure (III.6) à des concentrations initiales de 10,20,30 et 50 ppm pour des temps de contact allant de 1 min à 180 min, montrent que la capacité d'adsorption augmente de 0,183 à 0,976 mg/g. La disponibilité de sites d'adsorption, fait que l'adsorption est proportionnelle à la concentration dans l'intervalle de concentration étudié. De ce fait, on peut déduire que pour une concentration de 50 ppm qui correspond une adsorption maximale avec un temps de contact 15 min qui est le temps optimale pour notre cas.

III.5.4 Effet de la température

Pour étudier l'effet de la température sur l'adsorption de PC, nous avons choisi cinq températures différentes pour mener nos réactions : 25,30,40,50 et 60°C. Les résultats sont présentés dans la Figure(III.7)

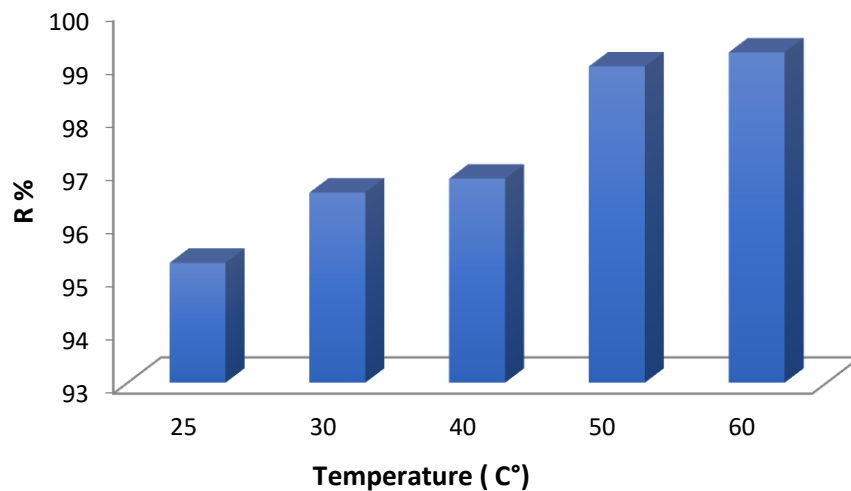


Figure (III.7) : Influence de la température dans la solution de l'adsorption du PC dans les conditions : $[PC] = 50 \text{ mg.L}^{-1}$, temps de contact = 120 min, $m = 1 \text{ g}$.

On observe une nette amélioration de la capacité d'adsorption avec l'augmentation de la température. La hausse de la capacité d'adsorption de 95 à 99.2 mg/g lorsque la température augmente de 25 à 60 °C après 2 h. Le résultat obtenu laisse penser que l'adsorption du PC par le CA semble être un phénomène endothermique. Cela est expliqué par la progression de la mobilité de PC dans la solution qui conduit à une adsorption rapide sur les sites actifs de CA. Des résultats similaires ont été rapportés par d'autres auteurs tels que [30] et [31].

III.5.5 Effet de la force ionique

Les eaux industrielles et naturelles contiennent beaucoup de sels compétiteurs qui ont un effet sur l'adsorption. Il est très important d'évaluer l'effet de la force ionique sur l'adsorption. Dans cette étude on a choisi le chlorure de sodium (NaCl) comme modèle pour étudier l'influence de la solution saline sur l'adsorption de PC

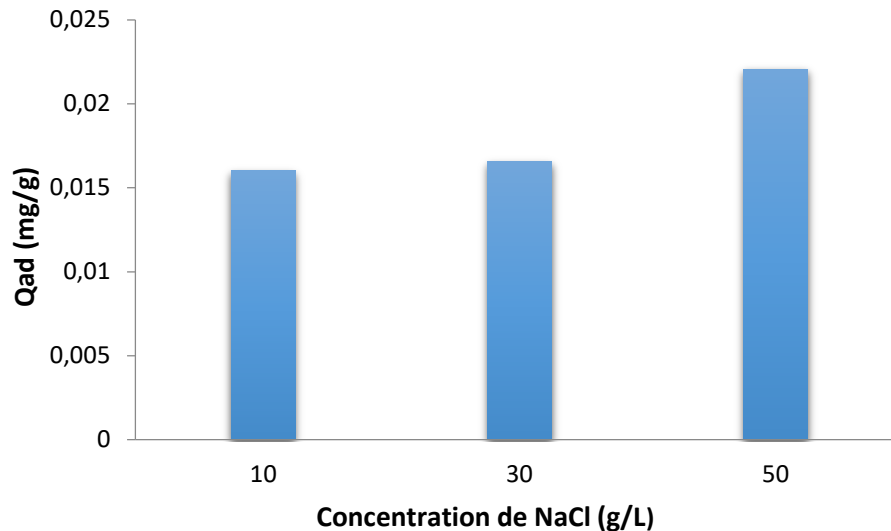


Figure (III.8) : Influence de la force ionique dans la solution durant l'adsorption du PC dans les conditions : $[PC] = 50 \text{ mg.L}^{-1}$, temps de contact = 120 min, $m = 1 \text{ g}$ et $T = 25^\circ\text{C}$

Cette figure montre que la quantité d'élimination du PC augmente avec l'augmentation de la concentration du NaCl, on peut déduire que pour une concentration de 50 g/l qui correspond une adsorption maximale.

III.6 Modélisation de la cinétique d'adsorption

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

III.6.1 Model pseudo premier ordre

Ce système peut être décrit par la relation :

$$\ln(q_e - q_t) = \ln q_e - K_1 t \dots\dots \text{Eq III.1}$$

q_e : quantité du PC adsorbée à l'équilibre en (mg/g).

q_t : quantité adsorbée du PC à l'instant t en (mg /g)

Chapitre III: Résultats et discussion

k_1 : constante de vitesse de réaction de premier ordre d'adsorption du PC en (min^{-1})

t : temps de contact en (min).

Le tracé de la courbe : $\ln (q_e - q_t)$ en fonction de t permet de déterminer la constante k_1 et la quantité adsorbée à l'équilibre q_e .

Le résultat obtenu pour le PC est représenté sur la **Figure (III.9)**

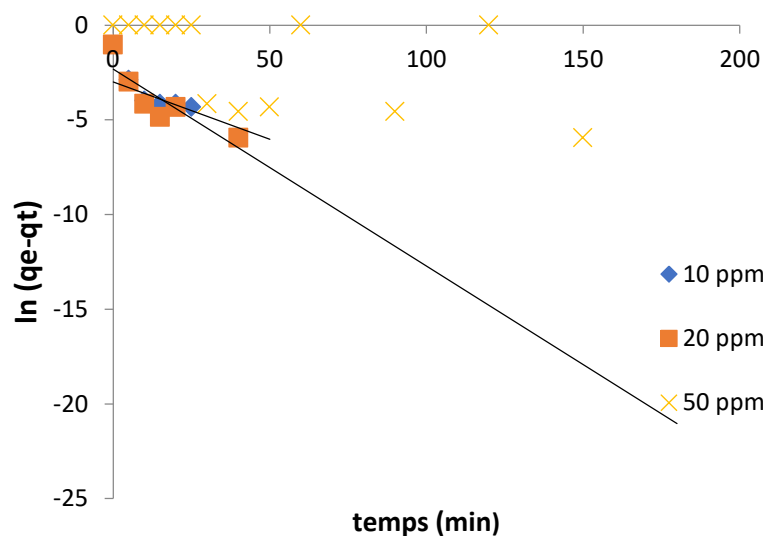


Figure (III.9) : Modélisation de la cinétique d'adsorption par l'équation pseudo-premier ordre pour le PC

III.6.2 Model pseudo-second ordre

Le modèle de pseudo-second ordre permet de caractériser la cinétique d'adsorption en prenant 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 [32].

$$\frac{dq}{dt} = K_2 (q_e - qt)^2 \dots \dots \langle \text{Eq III. 2} \rangle$$

Avec:

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

L'intégration conduit à l'équation suivante :

$$\frac{t}{qt} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \dots \dots \text{Eq III.3}$$

Chapitre III: Résultats et discussion

La quantité adsorbée à l'équilibre q_e et K_2 peuvent être déterminées expérimentalement à partir de la pente et de l'ordonnée à l'origine de la fonction de $t/q_t = f(t)$.

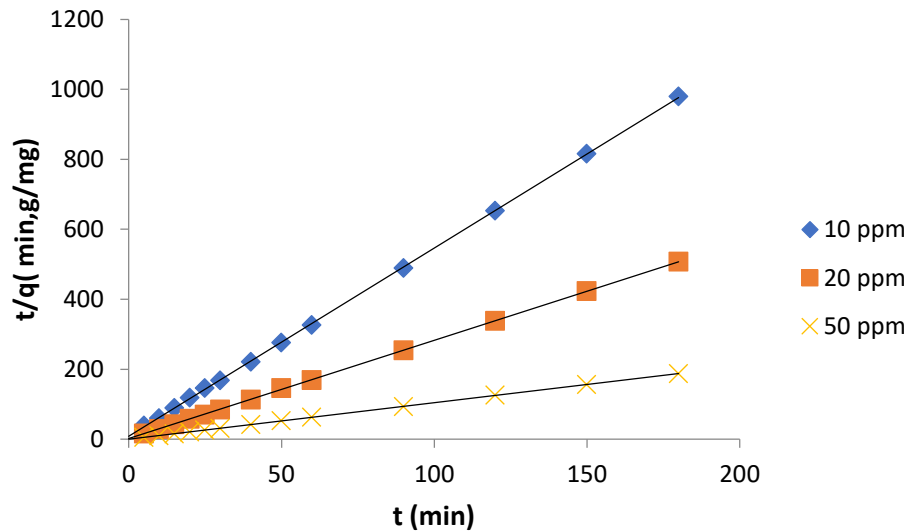


Figure (III.10) : Modélisation de la cinétique d'adsorption par l'équation pseudo-second ordre pour le PC

Les figures (III.9) et (III.10) aux différentes concentrations, montrent une certaine linéarité de différentes courbes obtenues, qui ont permis par la suite de calculer les différentes constantes cinétiques et la quantité optimale d'adsorption, qui sont rassemblés au tableau(III.3).

Tableau (III.3): Paramètres cinétiques d'adsorption de PC à 293 K.

C_0 (mg/L)	Exp.	Pseudo-premier ordre			Pseudo-second ordre		
	q_e (mg/g)	q_e (mg/g)	K_1 (g/min)	R^2	q_e (mg/g)	K_2 (g/mg.min)	R^2
10	0.183823	0.0498	0.0605	0,6895	0.1859	3.5279	0.9999
20	0.354517	0.0977	0.1039	0,7543	0.3559	4.5735	0.9999
50	0.961134	0.60025	0.0275	0.2784	0.9579	23.8998	0.9999

D'après le **tableau (III.3)** du calcul des paramètres cinétiques, on remarque que le coefficient de corrélation calculé de pseudo-second ordre ($R^2 = 0.9999$) est supérieure à celui de pseudo-premier ordre ($R^2 = 0.7543$). Ces résultats indiquent que le modèle de pseudo-second ordre est le mieux adapté pour décrire bien la cinétique de l'adsorption de PC sur cet adsorbant.

III.7 Etude isothermique

L'adsorption est régie par une équation mathématique mettant en relation la quantité adsorbée et la concentration à l'équilibre du soluté. Ainsi, la quantité adsorbée (par unité de masse) tracée en fonction de la concentration à l'équilibre du soluté et à température constante représente l'isotherme d'adsorption.

A partir de l'essai qui a été fait, on a pu obtenir la courbe de la **Figure(III.11)**.

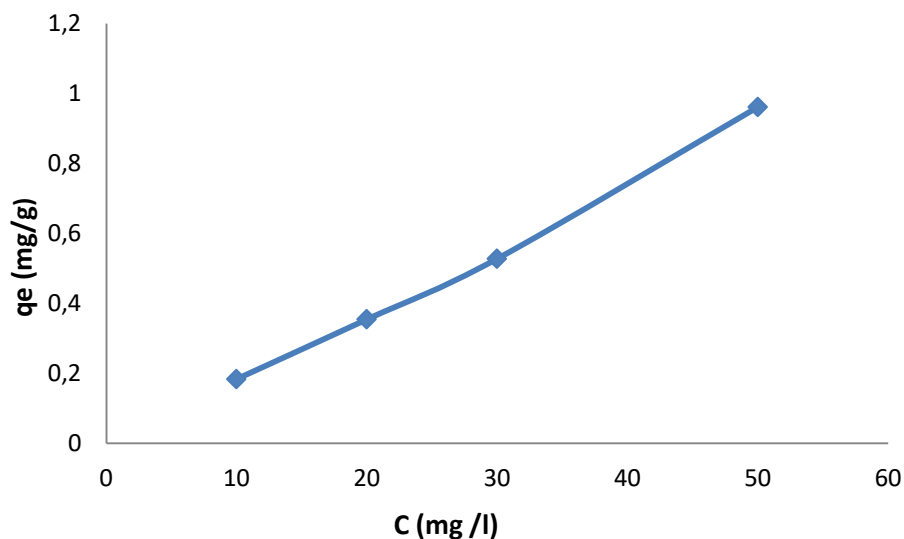


Figure (III.11):La courbe d'équilibre isothermique

La figure **(III.11)** représente la variation des quantités de PC adsorbées (q_e) en fonction de la concentration à l'équilibre (C_e), on remarque que q_e augmente avec l'augmentation de (C_e) ceci se traduit par une interaction relativement forte entre l'adsorbat et l'adsorbant et la saturation des sites d'adsorption se fait progressivement jusqu'à atteindre un palier de saturation. Ce qui correspond à la forme d'isotherme de type C.

Chapitre III: Résultats et discussion

Parmi les isothermes les plus utilisées, on rencontre l'isotherme de Freundlich et l'isotherme de Langmuir.

III.7.1 Isotherme de Freundlich

L'isotherme d'adsorption de Freundlich suppose que l'adsorption se produit sur une surface hétérogène par un mécanisme mono ou multicouche d'adsorption [33], et que la quantité adsorbée augmente avec la concentration selon l'équation suivante :

$$q_e = K_f \cdot C_e^{\frac{1}{n}} \dots \dots \langle \text{Eq III. 4} \rangle$$

Avec:

q_e : la quantité d'adsorbat adsorbée par masse d'unité d'adsorbant ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$) ;

K_F : est un paramètre lié essentiellement à la capacité d'adsorption maximale ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)ⁿ)

C_e : la concentration de l'adsorbat dans la solution à l'équilibre ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$);

n : est un paramètre lié aux coefficient de variation des énergies d'interactions avec le taux de recouvrement.

III.7.2 Isotherme de Langmuir

Les hypothèses émises par Langmuir pour établir sa relation sont les suivantes:

- ❖ La molécule adsorbée est située sur un site bien défini sur l'adsorbant (adsorption localisée),
- ❖ Chaque site n'est susceptible de fixer qu'une molécule adsorbée,
- ❖ L'énergie d'adsorption de tous les sites est identique et indépendante de la présence de molécules adsorbées sur les sites voisins (surface homogène et pas d'interaction entre les molécules adsorbées).

Dans le cas d'une adsorption en monocouche, à l'équilibre nous avons la relation suivante:

$$\frac{q_e}{q_m} = \frac{K_L C_e}{1 + K_L C_e} \dots \dots \langle \text{Eq III. 5} \rangle$$

Chapitre III: Résultats et discussion

Avec :

C_e : concentration à l'équilibre (mg.L^{-1}) ;

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

q_m : quantité maximale adsorbée à la saturation de la monocouche ou capacité maximale d'adsorption (mg.g^{-1});

K_L : constante d'équilibre d'adsorption, dépendant de la température (L.mg^{-1}).

Les résultats obtenus ont permis de tracer les formes linéaires selon le modèle de l'isotherme de Freundlich et le modèle de l'isotherme de Langmuir respectivement par les figures(III.12) et (III.13).

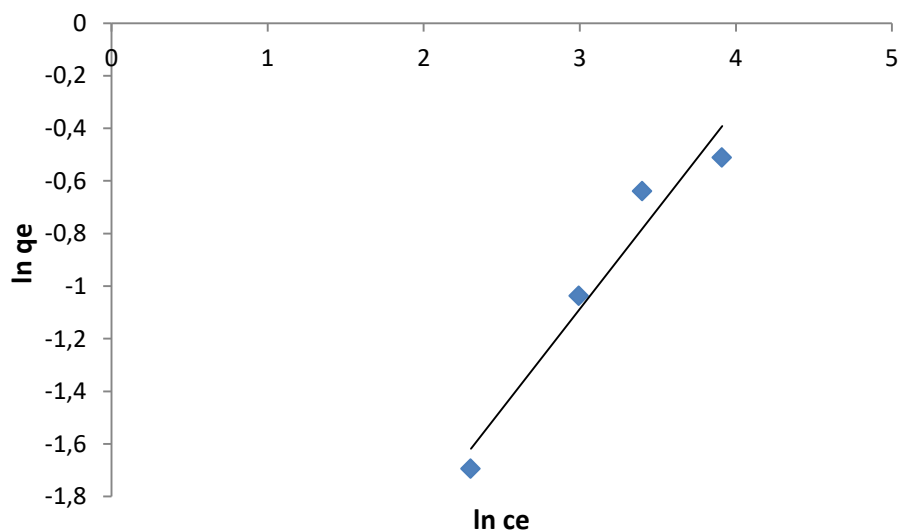


Figure (III.12): Linéarisation d'isotherme d'adsorption de PC selon le Modèle de Freundlich.

Chapitre III: Résultats et discussion

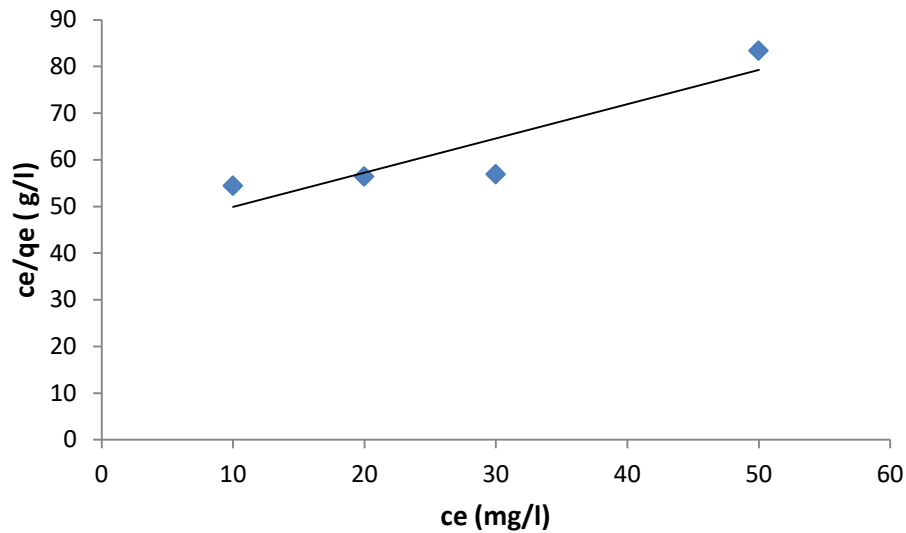


Figure (III.13): Linéarisation d'isotherme d'adsorption de PC selon le modèle de Langmuir.

Les **Figures (III.12)** et **(III.13)** ont permis de calculer les différentes constantes des deux modèles, qui sont regroupés dans le tableau **(III.4)**.

Tableau III.4 : Les paramètres des isothermes pour l'adsorption du PC

Modèle	Paramètres	Les valeurs
Langmuir	R^2	0.8285
	K_L (L/mg)	0.0172
	Q_{max} (mg/g)	1.3629
Freundlich	R^2	0.9495
	Kf	0.0342
	1/n	0.7626

Les paramètres de deux modèles Freundlich et Langmuir qui sont regroupés dans le tableau **(III.4)** et les figures **(III.12)** et **(III.13)**, montrent que les résultats expérimentaux sont bien décrit par les deux modèles, mais l'isotherme de Freundlich convient le mieux aux coefficients de corrélation (R^2), pour l'isotherme de Langmuir était 0.8285 comparé

Chapitre III: Résultats et discussion

à 0.9495 de l'isotherme de Freundlich. Ce qui signifie que c'est une adsorption monocouche. La capacité d'adsorption maximale calculée est de 1.3629 mg/g.

III.8 Etude comparative

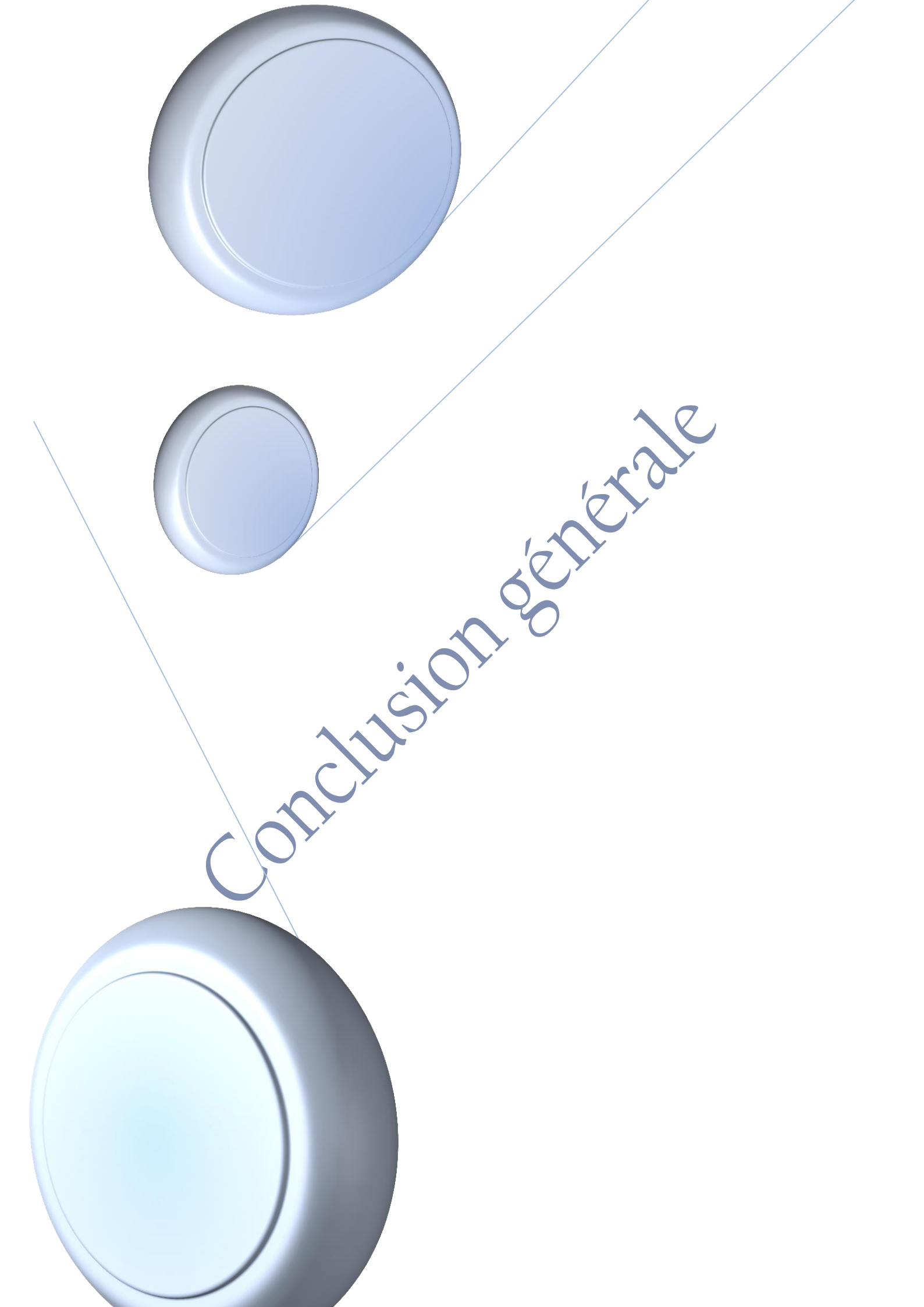
Le résultat de cette étude, portant sur la capacité d'adsorption de PC sur le charbon actif, a été ensuite comparé aux autres études utilisant le même adsorbant.

Le tableau (III.5) regroupe quelques paramètres comparatifs d'adsorption tels que le temps d'équilibre, le pH optimal et la nature de l'isotherme

Tableau (III.5) : Etude comparative de l'adsorption de PC sur différents adsorbants.

Adsorbant	pH optimal	Modèle cinétique	Isotherme	Qmax	Référence
Racines séchées	7	Pseudo-second ordre	Langmuir	20.1	[34]
Planete calcinée	6	Pseudo-second ordre	Freundlich	0.6651	[35]
Zn ₂ Fe ₂ O ₄	7.03	Pseudo-second ordre	Langmuir	9.7	[36]
Charbon actif	5	Pseudo-second ordre	Freundlich	1.3629	Cette étude

Les différents résultats du tableau (III.5) et après comparaison, on peut dire que le l'adsorbant utilisé dans notre étude a une capacité d'adsorption acceptable par rapport aux autres adsorbants.

The image features three blue, 3D-rendered spheres of different sizes. The largest sphere is at the top, a medium-sized one is in the middle, and the smallest is at the bottom. Two thin, light blue lines intersect at a point in the center of the composition, forming an 'X' shape. The text 'Conclusion générale' is written in a blue, serif font, oriented diagonally across the center of the image, following the path of the lines.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans le cadre de la protection d'environnement, plusieurs solutions ont été créées pour réduire toute sorte de pollution; parmi ces procédés de traitement des eaux l'adsorption. Ce travail avait pour objectif, l'étude de l'adsorption de médicament sur le charbon actif en poudre : le paracétamol, produits largement utilisés en Algérie.

La première partie consiste sur le dosage des fonctions de surface par la méthode de Boehm, détermination du pH de charge nulle et Spectroscopie Infra-Rouge de charbon actif.

La deuxième partie, l'accent est mis sur l'étude de quelques paramètres tels que l'effet de masse, l'effet du pH, l'influence du temps de contact, l'effet de la température et l'effet de la force ionique, suivie par une étude cinétique et une étude isothermique et enfin une étude comparative

A travers tous les résultats obtenus, nous pouvons tirer les conclusions suivantes

- ✚ **L'influence de la masse:** l'étude montre que la capacité d'adsorption diminue avec l'augmentation de la masse d'absorbant, la masse optimale de 0.5 g.
- ✚ **L'influence du pH:** l'étude montre que la capacité d'adsorption de PC est maximum à pH=5.
- ✚ **L'influence du temps de contact et de la concentration initiale:** montre que la vitesse d'adsorption est rapide dans les premières 15 minutes.
- ✚ **L'influence de la Température:** la température influe sur le processus d'adsorption par le charbon actif par une relation proportionnelle du taux d'élimination et de la T° .
- ✚ **La force ionique:** la présence de la salinité (NaCl) montre que la capacité d'adsorption est d'autant plus forte quand la concentration de l'électrolyte est importante, ce qui déduit que la force ionique a augmenté le taux d'élimination.
- ✚ **Etude cinétique :** montre que la rétention est presque instantanée et le modèle de pseudo second ordre est le modèle qui contrôle la cinétique de cette adsorption avec $R^2 = 0.9999$.

Conclusion générale

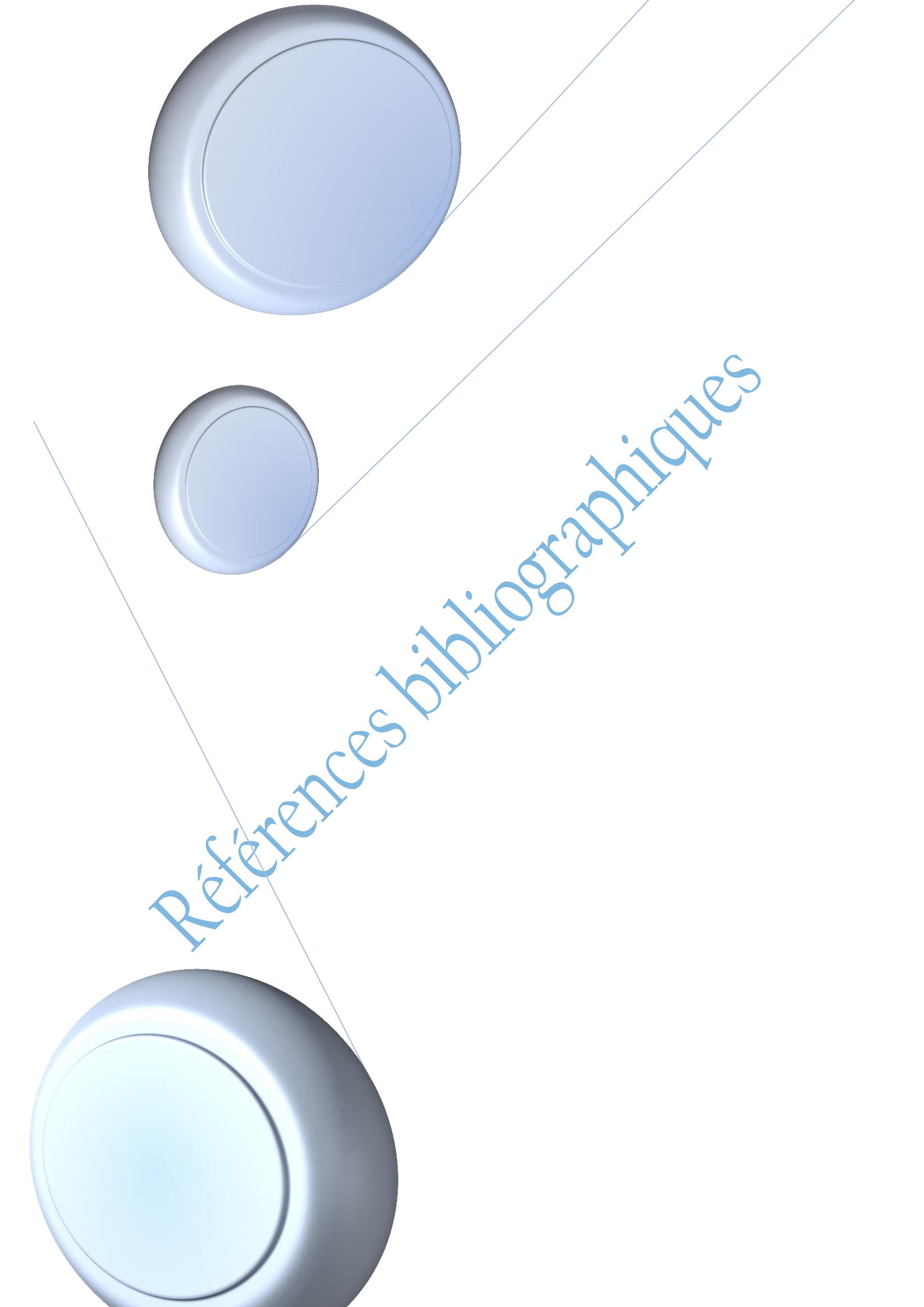
- ✚ **Etude isothermique:** l'isotherme trouvée est de type **C**, autrement dit une adsorption monocouche et les résultats sont bien décrits par l'isotherme de Freundlich.

On peut dire que les résultats de notre étude peuvent être qualifiés d'importants notamment qu'ils mettent l'accent sur la valorisation de charbon actif dans la préservation de l'environnement.

A travers l'étude comparative, on peut dire que l'adsorbant utilisé dans notre étude a une capacité d'adsorption acceptable par rapport aux autres adsorbants.

En perspective et pour finaliser l'étude de l'adsorption il faut :

- ✚ Caractériser le charbon actif notamment sa surface spécifique
- ✚ Une étude thermodynamique
- ✚ Activation physique et chimique du charbon actif
- ✚ Application aux effluents industriels.

The image features three blue, 3D-rendered spheres of different sizes. The largest sphere is at the top, a medium-sized one is in the middle, and the smallest is at the bottom. Two thin, light blue lines intersect at the center of the composition, forming an 'X' shape that passes through the spheres.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

[1] : <https://www.ilocis.org/fr>

[2]: A.S. Mestre, J. Pires, J.M.F. Nogueira, A.P. Carvalho, **2007**, Activated carbons for the adsorption of ibuprofen, 45:1979-1988.

[3]: A. RIVERA, **2012-2013**, Evaluation de l'impact environnemental de l'ibuprofène et du diclofénac dans le milieu aquatique, Mémoire de Fin d'Etudes En vue de l'obtention du grade académique de Master en Sciences et Gestion de l'Environnement, Université Libre de Bruxelles, pp3.

[4]: Joël Ankri Médecin, **1999**, Médicament et santé publique, Université Paris V.

[5]: C.P. Page, M.J. Curtis, M.C. Sutter, M.J. Walker, B.B.Hoffman, (**1997**) Pharmacologie intégrée, première édition.

[6]: Djahida Abdedaiem, Abbes M'zouri, Hafida Gaffour, université Ahmed Draia-ADRAR, **2020**

[7]: Maryadele J. O'Neil The, Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals, Drugs, And Biologicals, Merck, Nov 3, **2006** – 2564.

[8]: Clémence Gerard, (**2019**), Paracétamol : comment le polymorphisme génétique modifie sa toxicité ?, Thèse du doctorat, Université de Lorraine.

[9]: N. Yahiaoui, (**2012**), Etude de l'adsorption des composés phénoliques des margines d'olive sur carbonate de calcium, hydroxyapatite et charbon actif, Mémoire de Magister, Université de Tizi Ouzou.

[10]- F. Ramade, **2000**, « *Dictionnaire encyclopédique des pollutions* », Editions Ediscience International, Paris.

[11]: N. SEDIRA, (**2012/2013**), Etude de l'adsorption des métaux lourds sur un charbon actif issu de noyaux de dattes, mémoire de magister en chimie, Université Mohamed Chérif Massaadia Souk-Ahras.

[12]: C. Cardot, (**1999**), Les traitements de l'eau – Procédés physico-chimiques et biologiques, Edition Ellipses. Technosup, Paris.

Références bibliographiques

- [13]: K. Bellir, (2002), Caractérisation de la rétention du cuivre par des matériaux naturels utilisés dans l'imperméabilisation des décharges, Université Mentouri Constantine, Thèse Magistère,
- [14]: E. L. Slejko and M. Dekker, (1985), Adsorption Technology ; A step by step approach to process evaluation and application (Chap 2, P 37) Ed M. Dekker, New York.
- [15]-A. Benarima and M.R. Kouadri, 2017, « Préparation et caractérisation d'un charbon actif à partir de coquilles d'oeufs », Mémoire Master en Génie des Procédés, Spécialité Génie Chimique, Univ. de Ouargla
- [16]: N. BOUZIANE, (2007), élimination du 2-mercaptobenzothiazole par voie photochimique et par adsorption sur la bentonite et le charbon actif en poudre, Université Mentouri Constantine, Thèse Magistère.
- [17]: J. Matos, J. Laine, J. M. Herrmann, D. Uzcategui, J.L. Brito, (2007), J. Appl. Catal B: Environ., vol. 70, pp. 461–469.
- [18]: W.J. Masschelin, (1996), Processus unitaires du traitement de l'eau potable, CEBEDOC.
- [19]: G.D. Halsey, The role of surface heterogeneity, Advances Catalysis. 4 (1952) 259-269.
- [20]: M. Smisek, S. Cerney, (1970), Elsevier Publishing Company Amsterdam.
- [21]: J.T. Cookson, (1978), Adsorption Mechanisms: the chemistry of organic adsorption on activated carbon, in "carbon adsorption Handbook". Edited by Chrisin off P. N. and Ellerbusch F; Ann Arbor science, USA.
- [22]: V. L. Snoyink and W. J. Weber, (1967), J. Environ Sci. Tech., vol. 1, pp. 228- 234.
- [23]: J.S. Matson and H.B. Mark, (1971), Activated carbon. Surface chemistry and adsorption from solution. Marcel Dekker, Inc. New York.
- [24]: J. De Laat, (1988), Contribution à l'étude du mode de l'élimination de molécules organiques modèles sur le charbon actif en grain. Interaction entre les processus

Références bibliographiques

d'adsorption et de biodégradation. Université de Poitiers, Thèse de doctorat de 3ème cycle.

[25]:www.asseau.com/fr103_9.htmlliff (N.J) 07632, p. 510.

[26] : H.P.Boehm , Chemical identification of surface groups , Avances in catalysis , 16(1966) 179-274.

[27] :A.Maouche,H.Ahadoune,**2020**, Etude comparative de l'adsorption du paracétamol sur écorces de mandarine et le charbon actif commercial dans un milieu aqueux.

[28] : R. Kumar , M.A. Barakat. Decolourization of hazardous brilliant green from aqueous solution using binary oxidized cactus fruit peel. Chemical Engineering Journal 226 (2013) 377–383.

[29] : A. E. Ofomaja. Sorption removal of methylene blue from aqueous solution using palm kernel fibre : effect of fibre dose. Biochem. Eng. J. 40 (2008) 8-18.

[30] : Arica M.Y., Bayramoglu, G., (2005). Cr (VI) biosorption from aqueous solutions using free and immobilized biomass of *Lentinus sajor-caju*: preparation and kinetic characterization. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. 253, 203-211.

[31] :Tewari N., P. Vasudevan et B. Guha (2005). Study on biosorption of Cr(VI) by *Mucor hiemalis*. Biochem. Eng. J. 23, 185-192.

[32]: A. Aarfane, A. Salhi, M. El Krati, S. Tahiri, M. Monkade, E.K. Lhadi, M. Bensitel, 2014, "Etude cinétique et thermodynamique de l'adsorption des colorants Red195 et Bleu de méthylène en milieu aqueux sur les cendres volantes et les mâchefers (Kinetic and thermodynamic study of the adsorption of Red195 and Methylene blue dyes on fly ash and bottom ash in aqueous medium)", J. Mater. Environ. Sci., 5 (6), 1927-1939.

[33] : H.W. Freundlich, 1939, « The Adsorption of cis and trans-Azobenzene », J. Am. Chem. Soc., 61, 2228-2230.

[34]:Herman Angelo CAKPO,**2014**.Modélisation de l'adsorption des micropolluants pharmaceutiques sur racines séchées de la jacinthe d'eau cas de paracétamol,Ecole Polytechnique D'abomey-Calavi(STE).

[35]:Yallaoui Lila,**2018**.Recupération du paracétamol présent dans les effluents aqueux par un bioadsorbant.Université de Blida,Thèse Magistère.

Références bibliographiques

[36]: Djmai Chahira, Boukrouk Ahlem, 2019, Contribution à l'étude de l'élimination de polluants émergents de type pharmaceutiques par adsorption. Université Mohammed Seddik Benyahia Jijel. Thèse Magistère.



Annexe

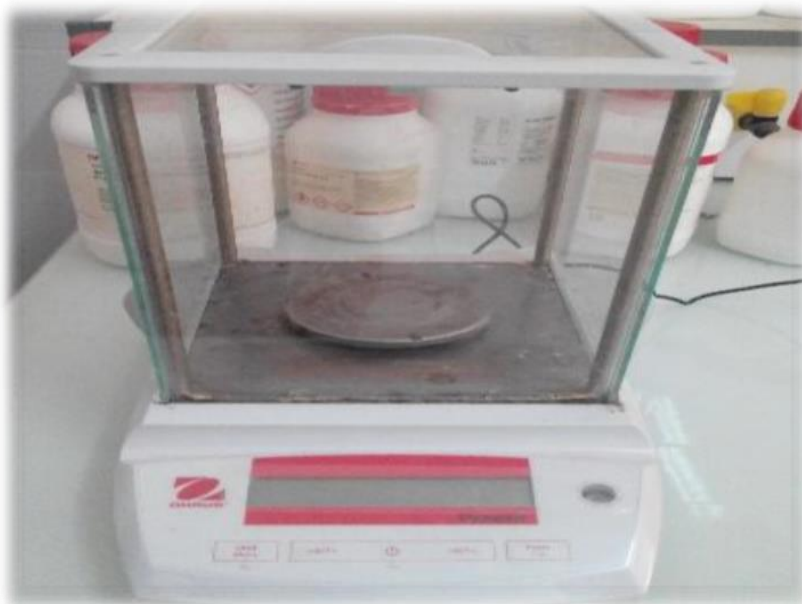


Annexe

Annexe 1 : Spectrophotomètre UV-Visible et la série d'étalons préparés.



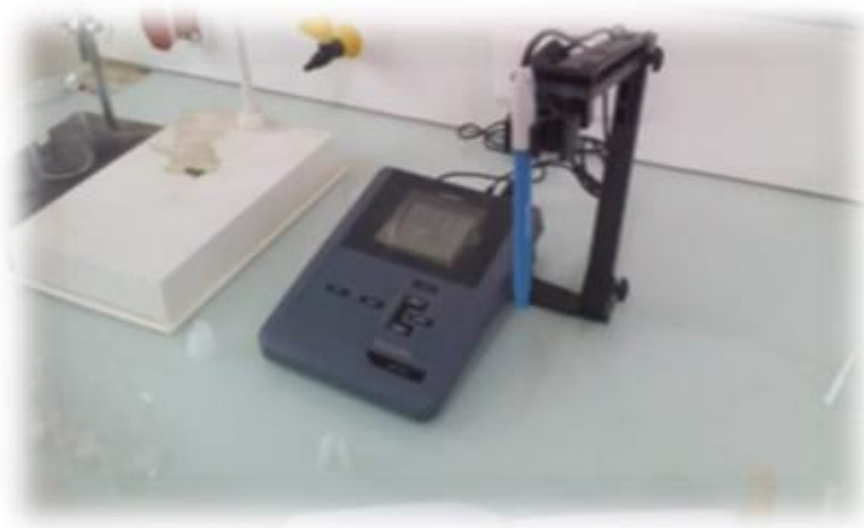
Annexe 2 : Balance électronique de précision.



Annexe 3 : Bain marie à agitation.



Annexe 4: Le pH-mètre



عنوان المذكرة: تقييم و تحسين المعاملات التي تؤثر على امتصاص الملوثات الدقيقة الصيدلانية بواسطة الكربون النشط

المؤطر: د. عاد شفاء

الإسم: سارة، هالة

اللقب: شريف ، حشاني

ملخص: في العمل الحالي ، نحن مهتمون بتقييم و تحسين المعاملات التي تؤثر على امتصاص الملوثات الصيدلانية بواسطة (الكربون النشط) من خلال دراسة تجريبية توضح لنا قدرتها على إمتزاز هذا الدواء (الباراسيتامول) ، وتبدو هذه المادة الماصة واعدة جدا للمعالجة بتكلفة أقل. تمت دراسة تأثير العوامل المختلفة مثل وقت التلامس والكتلة والتركيز ودرجة الحرارة ودرجة الحموضة وتأثير القوة الأيونية.

أظهرت نتائجنا انه يتم الوصول إلى التوازن بسرعة خلال زمن تلامس قدره 15 دقيقة ، كما تؤدي الزيادة في تركيز الدواء إلى زيادة الإمتزاز وان الكمية الممتزة من الباراسيتامول تصل الى اعلى قيمة عند درجة حموضة = 5 ب 0.815 ملغ / غ . تخضع النمذجة الحركية لنموذج الرتبة الوهمية الثانية و يتم وصف متساوي درجة حرارة الامتزاز المدرس بواسطة النموذج الرياضي ل فراندلش بقدرة امتزاز قصوى تبلغ 1.3629 ملغ / غ.

كلمات مفتاحية: الإمتزاز - الباراسيتامول - الكربون النشط

Memory title : Evaluation and optimization of parameters affecting the adsorption of pharmaceutical micropollutants by activated carbon.

Name: cherif, hachani

First name: Sarra, hala

Directed by: Dr. AD Chifaa

Abstract: In the present work, we are interested in Evaluation and optimization of parameters affecting the adsorption of pharmaceutical micropollutants by (activated carbon) through an experimental study that shows us its ability to adsorption of the drug (Paracetamol), and this absorbent material appears very promising for treatment at lower cost. The influence of various factors such as contact time, mass, concentration, temperature, pH and the effect of ionic strength were studied. Our results showed that the equilibrium is quickly reached within a contact time of 15 minutes, and the increase in the concentration of the drug leads to an increase in adsorption and that the adsorbed amount of Paracetamol reaches the highest value at pH =5 with 0.815mg/g. The kinetic modeling obeys the pseudo-second order model, and the studied adsorption isotherms are described by Freundlich's mathematical model with a maximum adsorption capacity of 1.3629mg/g.

Key words: adsorption, paracetamol , activated carbon.

Titre du mémoire : Évaluation et optimisation des paramètres affectant l'adsorption de micropolluants pharmaceutiques par charbon actif.

Nom: cherif , hachani

Prénom : Sarra, hala

Encadreur : Dr. AD Chifaa

Résumé : Dans le présent travail, nous intéressons à Évaluation et optimisation des paramètres affectant l'adsorption de micropolluants pharmaceutiques par (charbon actif) à travers une étude expérimentale qui nous montre sa capacité d'adsorption de ce médicament (Paracétamol), et ce matériau absorbant apparaît très prometteur pour un traitement à moindre coût. L'influence des différents paramètres tels que le temps de contact, la masse, la concentration, la température, le pH et l'effet de la force ionique ont été étudiés. Nos résultats ont montré que l'équilibre est rapidement atteint en un temps de contact de 15 minutes, et que l'augmentation de la concentration du médicament entraîne une augmentation de l'adsorption, et que la quantité adsorbée de paracétamol atteint la valeur la plus élevée à pH = 5 à 0.815 mg/g. La modélisation de la cinétique obéit au modèle de pseudo seconde ordre, et les isothermes d'adsorption étudiées sont décrites par le modèle mathématique de Freundlich avec une capacité maximale d'adsorption de 1.3629mg/g.

Mots clés : adsorption, paracétamol , charbon actif.

Le résumé doit être rédigé en deux langues différentes au moins