



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences Exactes des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences de la matière

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine de Science de la matière
Filière de Chimie
Chimie des matériaux

Réf. :

Présenté et soutenu par :

Ammari Meryem

Le : ../06/2023

Conversion des déchets agricoles en charbon actif par activation chimique (Genévrier)

Jury :

Mme Houhou Salima	MCA	Université Mohamed Biskra	Président
Mme Ouakkaf Amira	MCA	Université Mohamed Biskra	Encadrant
Mr Meklid Abdelhek	MCA	Université Mohamed Biskra	Examineur

Année universitaire : **2022/2023**



Remerciement

*Nous remercions **ALLAH** le tout puissant avoir donnée la force et*

Le courage pour réaliser ce travail.

*Nos plus remerciements s'adressent à **Dr Ouakkaf Amira** (MCA à l'université de Biskra), qui mon assurée l'encadrement avec compétence et responsabilité, ainsi que pour la confiance qu'elle m'accordée et pour son soutien.*

*On tient à remercier également les membres du jury **Dr Houhou Salima** et **Dr Maklid Abdelhek** enseignants (MCA à l'université de Biskra) pour avoir accepté d'évaluer et de juger ce travail et de l'enrichir par leurs propositions.*

Nous associons à ces remerciements l'ensemble de personnel des laboratoires de : chimie, de mécanique, et d'hydraulique pour l'aide matérielle et moyens qu'ils ont mis à notre dispositon, pour mener à bien de recherche.





DEDICACE

Je dédie ce travail à mes chers parents « Bahia, Djamel » pour leur patience leur encouragement tout au long de ma vie.

à mes sœurs « warda, zahra » à mes frères « Abd Errahman , Abd Erazzak »

A toute ma famille "Ammari et khedri"

A mes amies Habiba , Nour El Houda , Ikram , Loubna, à tous les étudiants de mastère de chimie des matériaux 2022-2023, je ne peux trouver les mots justes et sincères pour vous exprimer mon affection et mes pensées.



Sommaire

Sommaire

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

Résumés

Liste des symboles

Introduction générale.....1

Chapitre I : Etude bibliographique

I.1 Notions sur L'eau.....	4
I.1.1 Connaissances sur l'eau.....	4
I.2 Contamination des eaux	4
I.3 Sources de pollution.....	5
• Pollution naturelle.....	5
• Pollution atmosphérique.....	6
• Pollution industrielle	6
• Pollution Urbain.....	7
• Pollution agricole.....	8
I.4 Conséquences de la pollution.....	8
I.5 Les principaux types de polluants.....	9
I.5.1 Matières organiques fermentescibles (MOF)	9
I.5.2 Eléments minéraux nutritifs.....	9
I.5.3 Métaux lourds	9
I.5.4 Pollution des eaux par les Composés organiques de synthèse.....	10
I.5.5 Les colorants	10
I.5.5.1 Classification et groupements chromophoriques des colorants.....	11
a) Classification chimique	11
b) Classification tinctoriale	11
I.5.6 Bleu de méthylène	12
I.5.6.1 Définition.....	12
I.5.6.2 Toxicité du bleu de méthylène	12
I.6 Phénomène d'adsorption	13

Sommaire

I.6.1 Définition	13
I.6.2 Les type d'adsorption.....	13
I.6.2.1 Adsorption physique	13
I.6.2.2 Adsorption chimique	14
I.6.2.3 Le mécanisme d'adsorption d'un colorant	14
I.6.3 Principaux adsorbant	15
I.6.3.1 Zéolites	15
I.6.3.2 Argiles activées	16
I.6.3.3 Alumines activées	16
I.6.3.4 Les gels de silice	17
I.6.3.5 Les charbons actifs	17
I.6.3.5.1.Définition de Charbon actif	18
I.6.3.5.2Les formes des charbons actifs	18
I.7 Préparation des charbons actifs	20
I.7.1.L'activation physique.....	20
I.7.2 L'activation chimique.....	21
I.8 Techniques des caractérisations	22
I.8.1 Isotherme Brunauer-Emette-Teller (BET)	22
I.8.2 Microcopie électronique à balayage (MEB)	23
I.8.3 Spectroscopie UV-Visible	24
I.8.4 Spectroscopie Infra Rouge à Transformée de Fourier (IRTF)	25
Références Bibliographiques.....	26

Chapitre II : synthèse et caractérisation des matériaux

II.1. Introduction	30
II.2.Préparation des charbons actifs	30
II.2.1Précurseur utilisé(les Fruits des Genévriers)	30
II.2.2 Préparation des charbons actifs	31
II.3 Méthodologie de travail.....	32
II.3.1 Traitement des Fruits des genévriers	32
II.4Résultats et discussion.....	38
II.4.1 Introduction.....	38
II.4.2 Caractérisation physico-chimique du charbon Actif.....	38
II.4.3 Le rendement de synthèse des charbons actif	38

Sommaire

II.4.4 Le « Burn-off ».....	39
II.4.5 Détermination du taux d'humidité.....	40
II.4.6 Déterminer la densité apparente	40
II.5 Etude par spectroscopie infrarouge (FTIR).....	41
II.5.1 Spectre infrarouge du matériau brut	41
II.5.2 Le produit brut	42
II.5.3 Spectre infrarouge des charbons actifs	42
II.6 Etude par adsorption	46
II.6.1 Préparation de solution mère et solutions filles du bleu de méthylène.....	46
II.6.2 Quantité adsorbée du colorant BM	47
II.6.3 Influence du temps de contact sur d'adsorption du BM (bleu de méthylène).....	48
II.6.4 L'influence de la masse sur l'élimination BM.....	49
II.6.5 L'influence de la concentration sur l'élimination de BM.....	49
Référence bibliographique.....	51
Conclusion générale.....	52

Liste des figures

Liste des Figures

<i>Chapitre I</i>	<i>Page</i>
I.1 formule chimique de H ₂ O.....	4
I.2 pollution naturelle.....	5
I.3 pollution atmosphérique.....	6
I.4 pollution industrielle.....	7
I.5 pollution urbain.....	7
I.6 pollution agricole.....	8
I.7 structure chimique de bleu de méthylène.....	12
I.8 Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption.....	13
I.9 Etapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption.....	15
I.10 Une structure des zéolithes.....	16
I.11 Structure physico-chimique du charbon actif.....	17
I.12 Charbon actif en poudre.....	19
I.13 Charbon actif en grain.....	19
I.14 Charbon actif en tissu.....	20
I.15 schéma du processus de fabrication de charbon actif.....	22
I.16 BET-Analyse de physisorption de pores et de surfaces de haute résolution	23
I.17 MEB en émission de champ S4700.....	23
I.18 Schéma Loi de Béer-Lambert.....	24
I.19 les différentes étapes de préparation des échantillons.....	25
<i>Chapitre II</i>	
II.1 Les fruits de genévrier.....	31
II.2 L'arbre de genévrier.....	31
II.3 Protocole de préparation des charbons actif.....	32
II.4 Les fruits genévrier lavé.....	33

Liste des figures

II.5 Les fruits dans l'étuve.....	33
II.6 Un broyeur.....	34
II.7 Les tamis utilisé pour tamisage.....	34
II.8 Les grains et les poudres activés chimiquement.....	35
II.9 Calcination des CAP et des CAG dans le four moufle.....	36
II.10 après calcination le CAP et le CAG.....	36
II.11 Le charbon actif après la pyrolyse et lavage et filtration.....	37
II.12 CAG après séchage (600°C ,500°C,400°C°).....	37
II.13 CAP après séchage (600°C ,500°C,400°C).....	37
II.14 Protocole de l'obtention d'un spectre IR.....	41
II.15 spectre infrarouge(FTIR) de l'échantillon brut.....	42
II.16 spectres infrarouge(FTIR) des échantillons (CAP-400°C ; CAP-500°C ; CAP-600°C).....	42
II.17 spectre infrarouge(FTIR) des échantillons (CAG-400°C ; CAG-500°C ; CAG-600°C).....	43
II.18 préparation de solution mère et solutions filles du bleu de méthylène.....	46
II.19 Spectrophotomètre uv-visible.....	47
II.20 La courbe d'étalonnage pour l'adsorption de BM.....	47
II.21 Effet du temps de contact sur d'élimination de BM.....	48
II.22 L'influence de la masse sur l'élimination du BM.....	49
II.23 L'influence de la concentration sur l'élimination du BM.....	50

Liste des tableaux

Liste des tableaux

<i>Chapitre I</i>	<i>page</i>
I.1 Principaux groupement chromophores et auxochromes.....	10
II.2 Les Colorants distinctifs utilisés dans les opérations de coloration du textile.	11
I.3 Caractérisation des principaux adsorbants industriels.....	15
 <i>Chapitre II</i>	
II.1 Les rendement de synthèse des charbons actifs.....	38
II.2 Perte de masse (Burns-off)du charbon actif.....	39
II.3 Les rendements de synthèse des charbons actifs.....	40
II.4 La densité apparente du charbon actif.....	41
II.5 :Caractéristiue des charbons actifs (400°C ;500°C ;600°C) analysé par spectroscopie infrarouge (FTIR)	43

Liste des symboles

KOH : Hydroxyde de potassium.

HCl : acide chlorhydrique

CI 52015 : Le nom commercial de Bleu de Méthylène.

BM : Bleu de méthylène.

CA : Charbon actif.

CAP : Charbon actif en poudre

CAG : Charbon actif sous forme des grains

CAT : Charbon actif extrudé

T : température d'activation

A : Absorbance de la solution (sans unité)

I₀ : L'intensité du faisceau émergent

I : L'intensité du faisceau incident

C : Concentration molaire (mol/l)

L : Epaisseur de la cuve (cm)

ε : Coefficient d'adsorption molaire (l/mol.cm)

λ_{max}: longueur d'onde maximal

IFTR : Spectroscopie Infra Rouge à Transformée de Fourier

UV-Visible : Spectrophotomètre ultra-violet, visible.

MEB : Microscopie électronique à balayage.

BET : Isotherme Brunauer-Emette-Teller

الملخص

الهدف من هذا العمل هو تثمين المخلفات الزراعية (ثمارشجرة Genévrier) لانتاج الفحم النشط بالتفحيم و بواسطة هيدروكسيد البوتاسيوم كعامل للتنشيط الكيميائي و هذا من اجل تنقية مياه مخلفات الآبار و المصانع البترولية و المياه المستعملة... فكانت مردودية تصنيع الفحم النشط في هذا العمل محصورة بين 32.77% و 40.70% بالنسبة للفحم المسحوق و 26.65% و 38.85% بالنسبة للكربون الحبيبي.

حيث تمت عملية الحرق في درجات حرارة مختلفة 400°م, 500°م و 600°م لمدة 3 ساعات من زمن التلامس مع العامل المنشط. كما أجرينا البعض من التحاليل FTIR, UV-VIS, و التجارب علي محلول ازرق المثيلين حيث تمت دراسة مردودية الامتزاز على حسب كل من تأثير زمن التلامس و تأثير كتلة الفحم النشط و تأثير تركيز ازرق المثيلين. أفضل فحم منشط هو الفحم المحضر من هذه الثمار في درجة حرارة 600°م.

الكلمات المفتاحية : ثمار Genévrier, الكربون النشط, الامتزاز, التنشيط الكيميائي.

Résumé

L'objectif de ce travail est la valorisation des déchets agricoles (fruits de genévrier) par hydroxyde de potassium (KOH) en tant qu'agent activant pour l'épuration des eaux usées des puits, des usines pétrolières et de l'eau.

Le rendement de fabrication des charbons actifs dans ce travail était confiné entre 32,77% et 40,70% pour le CAP et 26,65% et 38,85% pour le CAG. Car le processus de combustion a eu lieu à différentes températures 400°C, 500°C et 600°C, cependant, 3 heures est le temps d'imprégnation avec l'agent activé. Nous avons également mené quelques caractérisations FTIR, UV-vis (adsorption), et expériences tel que :

L'effet du temps de contact, l'effet de la masse de charbon actif, l'effet de la concentration en bleu de méthylène, sur tous les charbons obtenus. Nous avons constater que le meilleur charbon actif est celui préparé à partir de fruits de genévrier à une température de 600°C.

Mots-clés : Fruits de Genévrier, charbon actif, adsorption, activation chimique.

ABSTRACT

The objective of this work is the valorization of agricultural waste (junipers fruits) activated by potassium hydroxide for the purification of wastewater from wells, and oil factories.

The manufacturing efficiency of activated carbon in this work was confined between 32.77% and 40.70% for pulverized carbon and 26.65% and 38.85% for granular carbon. the combustion process took place at different temperatures 400°C, 500°C and 600°C for 3 hours from the moment of contact with the activated agent. We also conducted some characterization FTIR, UV-VIS, and experiments:

The effect of contact time, the effect of activated carbon mass, the effect of methyl blue concentration. The best activated carbon is charcoal prepared from juniper fruits at a temperature of 600°C.

Keywords: Junipers fruits, activated carbon, adsorption, chemical activation.

Introduction générale

Introduction générale

L'eau, appelée H_2O dans la nomenclature chimique, est une solution aqueuse diluée. A l'état liquide, sa présence est indispensable au maintien de la vie et de tous les organismes connus. L'eau existe sous trois formes : Liquide, solide, gaz. Cependant, il est le plus souvent défini sous sa forme liquide, car c'est la forme d'eau la plus courante sur Terre.

La réserve totale d'eau sur Terre est de 1,4 milliard de Km^3 . La quasi-totalité de cette réserve est contenue dans les océans, soit 97% de l'eau disponible. L'eau potable représente 3% de la réserve, malheureusement 2% de cette eau n'est pas accessible (contenue dans les glaciers). On peut en conclure que l'eau potable disponible est inférieure à 1 mètre de réserves totales [1].

La qualité de l'eau a été un facteur important du bien-être humain à travers l'histoire. L'un des problèmes environnementaux les plus graves aujourd'hui est la pollution aquatique, dont la principale cause est l'activité humaine. Dans les pays développés comme dans les pays en développement, de grandes quantités de déchets, en particulier de produits chimiques, provenant de diverses industries sont déversées dans la nature, dégradant la qualité de ce facteur important [2].

L'utilisation du charbon actif en poudre ou en granulés dans le domaine du traitement de l'eau a commencé après la Seconde Guerre mondiale. Le charbon actif a ensuite été utilisé pour éliminer la matière organique en raison de ses propriétés adsorbantes. Le charbon actif est utilisé à la fois comme adsorbant et comme support bactérien pour réduire les niveaux organiques et éliminer les matières organiques biodégradables.

D'autres adsorbants sont également utilisés dans le domaine de l'élimination des polluants organiques. C'est le cas des argiles brutes ou traitées contenant des nanoparticules caractérisées par des propriétés ubiquitaires et réactives. Leur taille nanométrique et leur structure en couches offrent une grande surface spécifique d'adsorption et jouent un rôle important dans la rétention d'une large gamme de polluants d'origine naturelle ou anthropique. L'étude de leur réactivité est un enjeu majeur des sciences de l'environnement [3].

Introduction générale

L'objet de ce travail est la fabrication et la caractérisation des charbons actifs à partir de matière végétale : fruit genévrier. Cette dernière a été activée chimiquement en présence de L'hydroxyde de potassium (KOH) comme agent activant. L'influence de température de pyrolyse ainsi l'influence de temps d'imprégnation dans l'agent d'activation sur les caractéristiques des charbons actif fabriqués a été étudiée [4].

Les charbons actifs obtenus ont été analysé par la spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR), et caractérisé par spectroscopie UV-Visible pour détecter l'efficacité du charbon actif pour l'adsorption du bleu de méthylène, et comment nous avons choisi les valeurs idéales pour chaque propriété que nous avons appliquée à ce processus. Il s'agit des effets de concentration, de temps, et de masse.

Notre manuscrit est subdivisé en deux chapitres :

- Le premier chapitre, présente une revue bibliographique sur la pollution des eaux et la toxicité du Bleu du méthylène. Une étude bibliographique relative à la propriété de charbon activé, aux phénomènes d'adsorption en phase aqueuse en fin de ce premier chapitre, nous présentons les déférentes techniques de caractérisation utilisées durant ce travail.
- Le deuxième chapitre présente la méthodologie expérimentale suivie pour la préparation chimique des charbons actifs, la caractérisation physico-chimique du charbon actif, ainsi que la présentation des différents résultats expérimentaux obtenus et leurs discussions.

Enfin une conclusion générale résume l'essentiel de notre travail.

Références Bibliographiques

[1] <https://fac.umc.edu.dz/snv/faculte/becol/2019/Chap%204%20La%20pollution%20de%20l'EAU.pdf>

[2] Ben Mehraz Ahcene, Louelh Djamel, « Contribution à l'évaluation de la qualité des effluents industriels au niveau de l'Entreprise Nationale des Industries de l'Electroménager « ENIEM » ». Mémoire de Master. Université Mouloud MAMMERRI de Tizi-Ouzou (2016).

[3] Naidji Sana, Benseid Zineb, « Traitement d'une eau polluée par adsorption ». Mémoire de Master. Université Mohamed - M'sila (2020).

[4] A. Medekhel, « Adsorption du bleu de méthylène par charbon actif », Université Echahid Hamma Lakhdar -El Oued, Mémoire de Master (2018).

Chapitre I

Étude bibliographique

I.1 Notions sur L'eau

I.1.1 Connaissances sur l'eau

L'eau ou l'hémioxyde d'hydrogène est un corps incolore, inodore, et insipide (Pour avoir un goût, l'eau doit contenir de 0.1 à 0.5 g/l de corps minéraux dissous.), de formule chimique H_2O . En 1781 Henry Cavendish a réalisé sa synthèse par l'inflammation explosive de l'hydrogène dans l'air. Cependant les résultats de ses expériences ne furent clairement interprétés qu'après 1783 lorsque Antoine Lavoisier et Meusnier affirment que l'eau n'est pas un élément de formule H_2O mais plutôt un corps composé d'hydrogène et d'oxygène. En 1805 Joseph Louis Gray Lussac et Alexander Von Humboldt ont montré en réalisant la synthèse eudiométrique de l'eau, qu'il est composé d'un volume d'oxygène et de deux volumes d'hydrogène. Toutefois, il existe de très nombreuses combinaisons possibles de l'hydrogène et de l'oxygène qui comportent chacun trois isotopes [1].

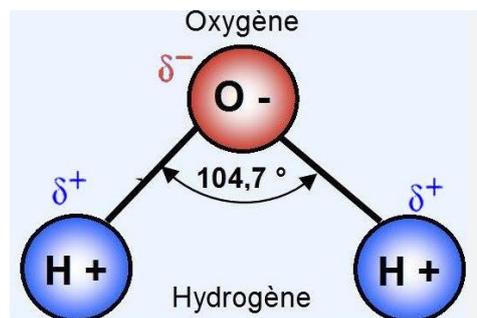


Figure. I.1 formule chimique de H_2O

I.2 Contamination des eaux

L'eau est d'une importance inégalée dans la vie de tous les êtres vivants. La rareté de l'eau est littéralement une question de vie ou de mort, non seulement pour les humains, mais pour toutes les formes d'animaux sauvages [2].

De nos jours, il est de plus en plus évident que la pollution est un problème majeur qui affecte notre planète. Avec l'essor de la technologie et l'augmentation de la population, la pollution se manifeste sous différentes formes, comme la pollution atmosphérique et la pollution du sol, qui résultent de la présence de substances nocives d'origine organique ou minérale. Toutefois, la pollution de l'eau est particulièrement préoccupante, car elle a un

impact direct sur la santé humaine et animale, ainsi que sur l'écosystème dans son ensemble. Nous devons prendre des mesures pour prévenir la pollution de l'eau, comme la réglementation des activités industrielles et la promotion de pratiques agricoles durables, afin de garantir un avenir viable pour les générations futures [3].

La pollution de l'eau est une modification de sa qualité et de ses propriétés qui rend son utilisation dangereuse ou perturbe les écosystèmes aquatiques. Peut affecter les eaux de surface (rivières, plans d'eau) et/ou les eaux souterraines. Ses principales sources sont les activités humaines, les décharges de déchets industriels tels que les produits chimiques d'origine industrielle hydrocarbures, les phénols, et les colorants, ainsi que les activités agricoles notamment les engrais, et les pesticides .Les activités domestiques, qui apparaissent principalement dans les eaux de surface [4].

I.3 Sources de pollution

- **Pollution naturelle**

Les niveaux de substances indésirables dans l'eau ne sont pas nécessairement le résultat de l'activité humaine. Certains phénomènes naturels peuvent également y contribuer. Par exemple, lorsque des gisements minéraux entrent en contact avec de l'eau, l'érosion ou la dissolution peuvent produire des concentrations inhabituelles de métaux lourds, d'arsenic, etc. Les éruptions volcaniques, les infiltrations d'hydrocarbures dans l'eau peuvent aussi polluer l'environnement [5].



Figure. I.2 pollution naturelle

- **Pollution atmosphérique**

L'atmosphère terrestre peut être une source importante de pollution si elle contient des polluants (figure I.3). En effet, une fois les tempêtes frappées, les sols sont contaminés, et le ruissellement et l'infiltration de polluants peuvent menacer les eaux de surface et souterraines. Cette contamination peut persister longtemps, rendant le traitement très difficile [6].



Figure. I.3 pollution atmosphérique

- **Pollution industrielle**

Selon l'activité industrielle, on va donc retrouver des pollutions aussi diverses que :

- Des matières organiques et des graisses (abattoirs, industries agro-alimentaires ...).
- Des hydrocarbures (industries pétrolières, transports).
- Des métaux (traitements de surface, métallurgie).
- Des acides, bases, produits chimiques divers (industries chimiques, tanneries...).
- Des eaux chaudes (circuits de refroidissement des centrales thermiques).
- Des matières radioactives (centrales nucléaires, traitement des déchets radioactifs).

L'agro-alimentaire, l'industrie papetière, l'industrie chimique, le traitement de surface et l'industrie du cuir font partie des secteurs traditionnellement considérés comme particulièrement dangereux pour l'eau [7].



Figure. I.4 pollution industrielle

- **Pollution Urbain**

L'origine des eaux résiduaires urbaines est principalement domestique où les populations les eaux usées. Ces effluents sont un mélange d'eaux contenant des déjections humaines génèrent les eaux de toilette et de nettoyage des sols et des aliments (eaux ménagères).

Les eaux usées urbaines peuvent aussi contenir des eaux résiduaires d'origine industrielle, mais normalement, ces dernières doivent avoir subi un prétraitement pour atteindre des caractéristiques comparables à celles des eaux usées domestiques pour permettre un traitement en commun [8].



Figure. I.5 pollution urbain

- **Pollution agricole**

L'agriculture est une cause majeure de pollution diffuse. Lors de l'examen de la pollution d'origine agricole [9]. Elle est fortement impliquée et les produits chimiques contenus dans les engrais et les produits phytosanitaires sont librement utilisés pour exterminer les insectes et protéger les plantes tels que les insecticides, les insecticides et les fongicides. Cette pollution s'est intensifiée après que l'agriculture soit entrée dans une phase d'industrialisation assez avancée [10].



Figure. I.6 pollution agricole

I.4 Conséquences de la pollution

- La matière organique soluble réduit les niveaux d'oxygène dans les cours d'eau, entraînant le déclin et la mort des animaux aquatiques.
- Les solides en suspension s'accumulent au fond des cours d'eau, des lacs et des étangs, provoquant une augmentation de la turbidité.
- L'huile et la graisse flottantes peuvent obstruer les tuyaux et créer une apparence disgracieuse.
- Les substances toxiques et les métaux lourds sont toxiques pour la vie aquatique.
- Le phosphore et l'azote conduisent à l'eutrophisation des cours d'eau.

- Les coliformes fécaux et les agents pathogènes provoquent une contamination bactérienne des cours d'eau [1].

I.5 Les principaux types de polluants

I.5.1 Matières organiques fermentescibles (MOF)

C'est la principale cause de pollution de l'eau jusqu'à présent .Ces substances organiques (excréments animaux et humains, graisses, etc.) proviennent principalement des eaux usées domestiques, mais aussi des rejets industriels (industrie agro-alimentaire en particulier).

La première conséquence de cette pollution est l'épuisement de l'oxygène dans le milieu aquatique, avec des effets très compréhensibles sur la survie de la faune [11].

I.5.2 Eléments minéraux nutritifs

Les nutriments minéraux (nitrates et phosphates), principalement issus des eaux usées agricoles et domestiques, ont également retenu l'attention des acteurs impliqués dans la gestion des ressources en eau. Ils posent des problèmes à la fois en termes de dégradation de l'environnement due aux invasions végétales (eutrophisation, etc.) et de complications lors de la production d'eau potable [12].

I.5.3 Métaux lourds

Les métaux lourds sont des polluants engendrés par l'activité humaine qui ont un fort impact toxicologique. Ils ont des impacts sur les végétaux, les produits de consommation courante et sur l'homme [13].

Deux types se distinguent selon leurs effets physiologiques et toxiques : les métaux essentiels et les métaux toxiques, les métaux essentiels sont des oligo-éléments nécessaires à de nombreux processus cellulaires et se retrouvent en très faible proportion, comme c'est le cas du cuivre (Cu), du nickel (Ni), zinc (Zn) et fer (Fe).Par contre, les métaux toxiques ont un caractère polluant avec des effets toxiques pour les organismes vivants même à faible concentration. C'est le cas du plomb (Pb), du mercure (Hg) et du cadmium (Cd) [14].

I.5.4 Pollution des eaux par les Composés organiques de synthèse

La pollution des eaux par les composés organiques de synthèse (produits phytosanitaires) s'est accrue au cours des dernières décennies, notamment sous l'effet du développement de l'activité agricole. La présence de concentrations trop élevées de pesticides dans certaines ressources complique, comme dans le cas des nitrates, les processus de production de l'eau potable. Par ailleurs, ces substances peuvent s'accumuler au fil de la chaîne alimentaire [15].

I.5.5 Les colorants

Colorants, composés chimiques colorés, naturels ou synthétiques, en général organiques, qui ont la propriété de colorer durablement le support sur lequel ils sont appliqués dans certaines conditions. Ces composés sont utilisés pour colorer les textiles, les encres, les peintures, les vernis les produits alimentaires, etc. La terminologie industrielle moderne définit un colorant comme un produit contenant le colorant organique pur avec différents additifs et agents de coupage, qui facilitent son utilisation.

Les colorants sont différents des pigments, composés solides finement divisés qui doivent être mélangés avec des liants avant leur application sur les surfaces. Les pigments sont en effet insolubles dans le milieu où ils sont appliqués [16].

Tableau. I.1 Principaux groupement chromophores et auxochromes [17]

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

I.5.5.1 Classification et groupements chromophoriques des colorants

Il existe généralement deux façons de classer les colorants. Classification chimique basée sur la structure chimique des colorants et classification des colorants basée sur la méthode d'application des colorants sur le substrat (textile, papier, cuir, etc.) [18].

a) Classification chimique

Le classement des colorants selon leur structure chimique repose sur la nature du groupe chromophore.

b) 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 nature de la fixation. Celle-ci est de force variable selon que la liaison colorant/substrat est du type ionique, hydrogène, de Van der Waals ou covalente. On distingue différentes catégories tinctoriales définies cette fois par les auxochromes. Dans le tableau (II) on représente les Colorants distinctifs utilisés dans les opérations de coloration du textile [19].

Tableau. I.2 Les Colorants distinctifs utilisés dans les opérations de coloration du textile [19]

Classe de colorant	description
Acides	Composés anioniques, hydrosolubles
Basiques	Hydrosolubles, appliqués dans les bains de teinture faiblement acides ; colorants très lumineux
Directs	Composés hydrosolubles et anioniques ; peut être appliqué directement à cellulosique sans mordant (ou métaux comme le chrome et le cuivre).
Dispersé	Non hydrosoluble.
Réactifs	Composés hydrosolubles et anioniques ;

Soufrés	la classe la plus grande de colorant. Composés organiques contenant du soufre.
De Cuve	Insoluble dans l'eau ; les colorants les plus anciens ; plus complexe chimiquement.

I.5.6 Bleu de méthylène

I.5.6.1 Définition

Le colorant bleu de méthylène est un colorant cationique d'indice CI 52015, sa formule est (C₁₆H₁₈N₃SCl) et sa masse molaire est de 319.85 mol/g. C'est une molécule organique appartenant à la famille des Xanthines. Ce colorant est choisi comme modèle représentatif des polluants organiques de taille moyenne et sa structure chimique représente dans la figure dessus [20].

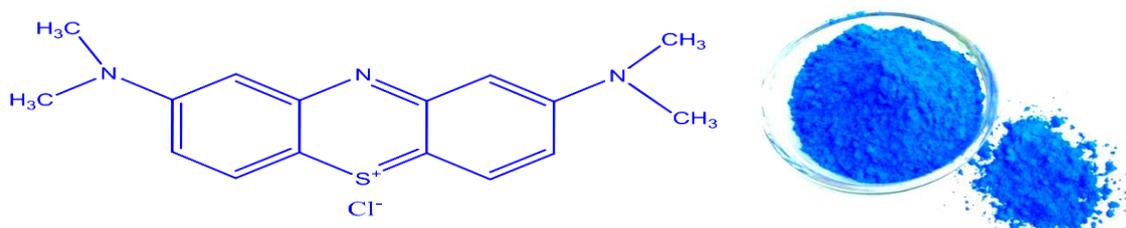


Figure. I.7 structure chimique de bleu de méthylène

I.5.6.2 Toxicité du bleu de méthylène

Les données de toxicité sur l'utilisation du bleu de méthylène chez l'homme sur de nombreuses années n'ont jusqu'à présent montré aucun danger associé à son utilisation. Utilisez ce produit comme un médicament dont la dose totale ne doit pas dépasser 7 mg/kg. Peut causer des douleurs thoraciques et des difficultés respiratoires. Des doses élevées peuvent provoquer de l'anxiété, des tremblements, de l'hypertension artérielle et même une décoloration de la peau. Le bleu de méthylène est moins dangereux, mais nocif pour les organismes vivants et l'environnement aquatique [21].

I.6 Phénomène d'adsorption

I.6.1 Définition

L'adsorption est définie comme un processus physico-chimique par lequel des molécules en phase liquide ou gazeuse se fixent à la surface de certains matériaux. Selon la nature des interactions qui se produisent, l'adsorption peut être physique ou chimique entre les molécules liées (adsorbats) et les matériaux (adsorbants).

En d'autres termes, l'adsorption se produit à l'interface adsorbat/adsorbant. L'adsorption est largement utilisée dans séparation et purification de fluides, dans un large éventail de domaines, de l'industrie chimique aux applications environnementales, en passant par l'industrie agricole, pharmaceutique et pétrochimique (séparation des hydrocarbures, traitement de l'air, de l'eau et des effluents pour éliminer les polluants organiques ou inorganiques). Selon l'interaction entre l'adsorbat et l'adsorbant, nous avons l'adsorption physique ou l'adsorption chimique [22].

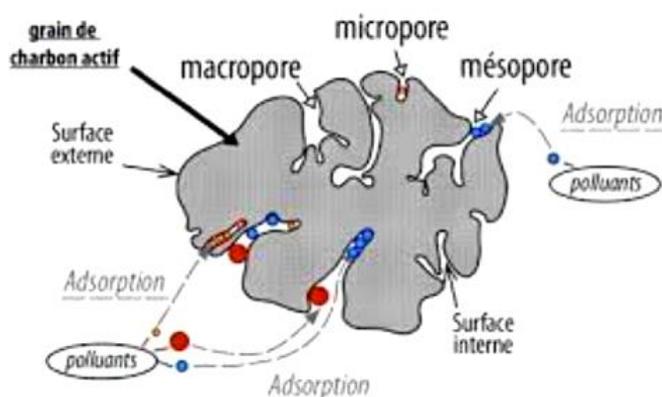


Figure. I.8 Schéma simplifié représentant le phénomène d'adsorption

I.6.2 Les types d'adsorption

I.6.2.1 Adsorption physique

Appelée également physisorption, elle est caractérisée par une faible énergie de liaison (inférieure à $40 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$) et elle correspond à l'établissement de liaisons de type Van der Waals. Dans le cas d'une telle adsorption, le temps de rétention de la substance adsorbée est court et la surface adsorbante peut être recouverte de multiples couches moléculaires de produit adsorbé.

I.6.2.2 Adsorption chimique

Appelée également chimisorption, elle met en jeu une énergie élevée (supérieure à 40kJ mol⁻¹) et correspond aux liaisons covalentes plus permanentes entre l'adsorbant et la molécule adsorbée. Les mécanismes les plus fréquents dans ce cas sont la protonation et l'échange l'ion. Dans ce type d'adsorption, le temps de rétention est long et seule la première couche liée à la surface adsorbant est chimiquement adsorbée, les autres couches, dans le cas où elles existent, sont retenues par physisorption [23].

I.6.2.3 Le mécanisme d'adsorption d'un colorant

L'adsorption est un processus d'élimination des colorants largement accepté qui a également une large applicabilité dans le traitement des eaux usées.

La séparation par adsorption repose sur l'adsorption sélective (thermodynamique et/ou cinétique) de polluants (appelés adsorbats) par un adsorbant, grâce à une interaction spécifique entre la surface du matériau et le produit d'adsorption : c'est un départ par simple transfert de masse vers une surface solide, le processus se déroule en plusieurs étapes [24,25].

Le phénomène d'adsorption, peut être affecté par quatre étapes du processus d'adsorption:

- **1^{ère} étape :** Transfert de l'adsorbat de la phase liquide vers la couche limite du film liquide liée à la particule solide (par convection ou diffusion). Etape très rapide.
- **2^{ème} étape :** Transfert de l'adsorbat vers la surface externe via un film liquide adsorbant. pas rapide.
- **3^{ème} étape :** Diffusion dans les particules adsorbées de deux manières sous influence le gradient de concentration. pas lents.
 - Sous l'état adsorbé, par diffusion de surface.
 - A l'état libre, par diffusion de pores.
- **4^{ème} étape :** Adsorption sur les micropores. étape très rapide [26].

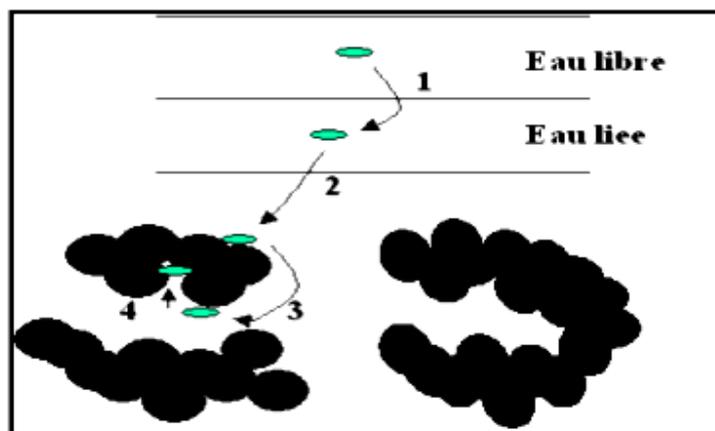


Figure I.9 Etapes de transfert d'un soluté lors de son adsorption

I.6.3 Principaux adsorbant

Le principal adsorbant utilisé dans l'industrie est le charbon actif .Zéolite, gel de silice, alumine activée et leurs propriétés sont résumées dans le (Tableau I.3) [27].

Tableau I.3 Caractérisation des principaux adsorbants industriels

Absorbants	Surface spécifique (m ² /g)	Taille des pores (nm)	Porosité interne	Masse volumique apparente (Kg/m ³)
Charbons actifs	400 à 250	1,0 à 4,0	0,4 à 0,8	300 à 600
Zéolites	500 à 800	0.3 à 0.8	0.3 à 0.4	600 à 750
Gels de silice	600à 800	2.0 à 5.0	0.4 à 0.5	700 à 800
Alumines activées	200 à 400	1.0 à 6.0	0.3à 0.6	800 à 950

I.6.3.1 Zéolites

Structurellement, les zéolithes sont des aluminosilicates cristallins microporeux générés à partir d'une séquence tridimensionnelle de tétraèdres TO₄ (SiO₄²⁻ ou AlO₄⁵⁻) liés par des atomes d'oxygène [28].

Les zéolithes sont utilisées dans la séparation des gaz et également comme déshydratants. Plus récemment, les recherches se sont concentrées sur la catalyse des zéolithes, qui sont aujourd'hui largement utilisées car elles peuvent intervenir dans certaines réactions de manière très spécifique dans l'industrie.

Chaque zéolithe a son propre caractère tridimensionnel, constitué d'un réseau de canaux et de cavités de tailles variables. La figure ci-dessous représente Une structure des zéolithes [29].

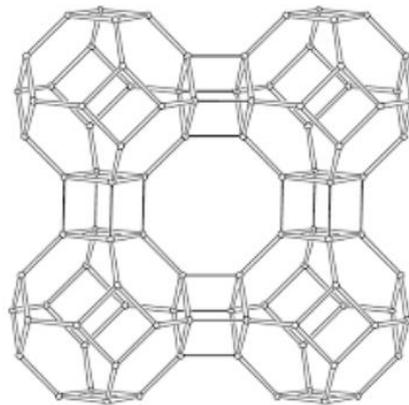


Figure. I.10 Une structure des zéolithes

I.6.3.2 Argiles activées

L'argile activée est obtenue en ajoutant de l'eau à une certaine masse d'argile (bentonite, kaolin, terre de Fuller) puis en incorporant une certaine quantité d'acide chlorhydrique dans la pâte ainsi obtenue. Cette opération est suivie d'un lavage et d'un séchage dans des conditions définies. Il semble qu'un rapport $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ plus élevé confère à l'adsorbant une plus grande capacité de décoloration. Décoloration et purification des huiles minérales et végétales à l'aide de ce type d'adsorbant [30].

I.6.3.3 Alumines activées

L'alumine activée a une surface de 200-500 m^2 et des pores de 20-140 Å. Il est formé par traitement thermique d'alumine ou de bauxite précipitée. L'alumine est utilisée pour le séchage des gaz et des liquides [30].

I.6.3.4 Les gels de silice

Les gels de silice sont obtenus par acidification avec du silicate de sodium ou à partir de sols de silice (microparticules (20 à 100 nanomètres) appelées micelles) en suspension dans un liquide (tel que de l'eau), qui sont stabilisés du fait de leur petite taille (décantation) ou par des alcanes de silicium. Obtenu par hydrolyse, le groupement -OH de l'oxsilane conduit à la formation de liaisons hydrogène [31].

I.6.3.5 Les charbons actifs

Le charbon actif est un adsorbant à très large spectre, la plupart des molécules organiques sont fixées à sa surface, les molécules les plus lourdes parmi les composés aromatiques. En revanche, les hydrocarbures substitués se fixent bien, contrairement aux molécules les plus simples contenant moins de trois atomes de carbone.

La composition chimique du charbon actif dépend de la nature de la matière première et du traitement qu'elle peut subir (activation). Outre le carbone, ils peuvent contenir : de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote ou du phosphore ou du calcium. La présence d'oxygène et d'hydrogène détermine les propriétés chimiques du charbon actif.

Le charbon actif contient un nombre important de cavités ou de pores, ce qui entraîne une surface de contact importante de 700 à 2 500 m²/g. (Figure I.11) montre la structure du charbon actif [32].

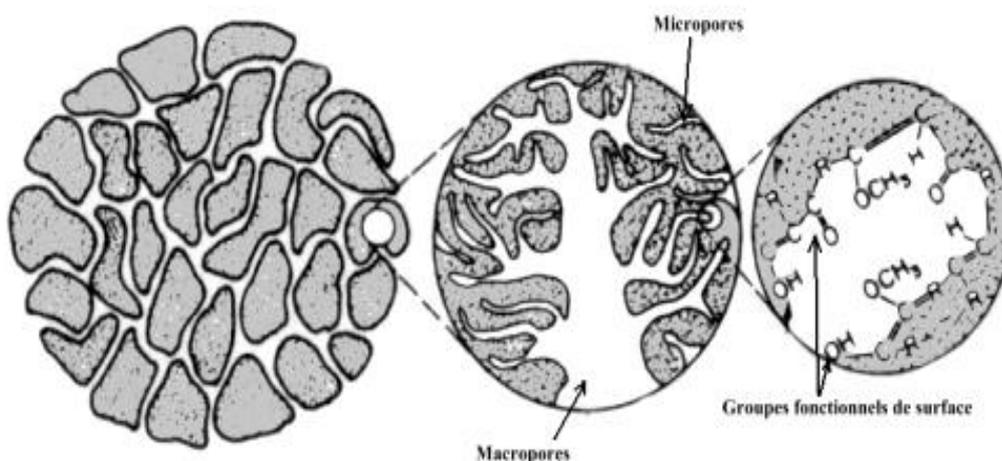


Figure. I.11 Structure physico-chimique du charbon actif

I.6.3.5.1 Définition de charbon actif

Le charbon actif est un produit d'adsorption obtenu à partir de matières premières riches en carbone (bois, tourbe, charbon bitumineux, lignite, écorce de coco, etc.). Les matières premières organiques contenant du carbone sont a priori adaptées à l'obtention de charbon actif. La sélection des matières premières dépend fortement des possibilités d'approvisionnement local qui permettent une tarification compétitive.

Cependant, les matières premières utilisées affectent grandement la qualité finale du charbon actif. Après sélection de ces matières premières, elles sont activées physiquement ou chimiquement dans un four d'activation. Cette activation se traduit par une structure de carbone hautement poreuse et hautement active [33].

I.6.3.5.2 Les formes des charbons actifs

Les applications du charbon actif se diversifient de plus en plus (épuration, détoxification, décoloration, désodorisation, récupération, catalyse, protection, extraction, etc.). Le nombre d'utilisations correspond au type de charbon actif. Selon le contexte d'application et la taille des particules, on distingue :

Charbon actif en poudre (CAP), charbon actif granulaire (CAG) et charbon actif tissulaire (CAT).

a. Les charbons actifs en poudre (CAP)

Ils se caractérisent par une granulométrie de 20 μm , des pores méso- poreux, et une surface spécifique d'environ 658 m^2/g . Les CAP sont généralement destinés au traitement des phases aqueuses et au traitement des flux gazeux. Ils sont mélangés aux produits à laver. Le principal inconvénient est dû à son état poudreux.

Un système de filtration doit être utilisé pour récupérer le carbone saturé.



Figure. I.12 Charbon actif en poudre

b. Les charbons actifs en grain (CAG)

À pH acide, le GAC a une granulométrie de 0,3 à 0,5 mm et une surface spécifique d'environ 550 m²/g. Ils sont également utilisés en phase gazeuse (récupération des vapeurs de solvant, décontamination). Avec un filtre en phase liquide uniquement. Il a l'avantage de pouvoir être régénérés.



Figure. I.13 Charbon actif en grain

c. Les charbons actifs en tissu (CAT)

Ils trouvent leur utilisation principale en phase gazeuse (séparation de gaz rares). Ils pourraient également, en phase liquide, servir à la récupération d'un solvant ou à l'extraction de l'or d'un minerai pauvre ou la caféine du café avec une surface spécifique qui peut atteindre 2000 m²/g [22].



Figure. I.14 Charbon actif en tissu

I.7 Préparation des charbons actifs

La fabrication du charbon actif s'effectue soit par activation physique ou bien par activation chimique. Dans le cas de l'activation chimique, il y a généralement une seule étape de traitement thermique combiné à un traitement chimique. Dans le cas de l'activation physique, la préparation se fait selon deux étapes : la pyrolyse de différentes matières premières carbonées suivie d'une activation physique [34].

I.7.1 L'activation physique

➤ **Pyrolyse**

La pyrolyse est le processus dans lequel un échantillon est soumis à des températures élevées (généralement entre 400 et 900°C) sous un courant continu de gaz inerte, de manière à obtenir un produit carboné solide, ainsi que des composés volatils. Elle fournit des matériaux (les carbonisât) ayant une structure poreuse limitée qui pourra ensuite être développée dans le processus d'activation [34].

➤ **L'activation physique**

Consiste en une oxydation du charbon à haute température (750 à 1000°C) à l'aide d'un agent faiblement oxydant pendant 24 à 72 heures. Les gaz principalement utilisés, seuls ou en mélange, sont l'air, la vapeur d'eau ainsi que le dioxyde de carbone. Ce procédé donne un charbon à pores étroits et va créer des millions de microscopiques alvéoles sur la surface du charbon, augmentant de façon très importante sa surface et son pouvoir d'adsorption. Le contrôle de la température est un paramètre important car au-

dessus de 1000°C, la réaction engendre une dégradation du matériau. En revanche, en dessous de 800°C la réaction est trop lente ou incomplète et donc économiquement inintéressante. Généralement, les charbons actifs produits par cette activation physique présentent une structure poreuse fine (pores étroits) [35].

I.7.2 L'activation chimique

L'activation chimique est un autre procédé d'obtention du charbon actif. Elle consiste à imprégner le matériau de départ dans une solution concentrée d'agent très oxydant et/ou déshydratant (acide phosphorique, chlorure de zinc, soude...). Le matériau est en suite pyrolyse entre 400°C et 800°C sous une atmosphère inerte ; ces températures sont inférieures à celles du procédé physique. Le charbon actif est ensuite obtenu après lavage et séchage. C'est le degré d'imprégnation en matière oxydante qui définit la répartition poreuse finale. La structure poreuse du charbon actif dans le cas d'un procédé d'activation chimique est généralement plus développée.

Suite à l'activation, le charbon actif acquiert une structure poreuse poly-dispersée : les pores ont différentes formes et tailles. La répartition poreuse dépend de la nature de l'essence, de la nature de l'activant, des conditions de réaction et de la température durant cette étape [36].

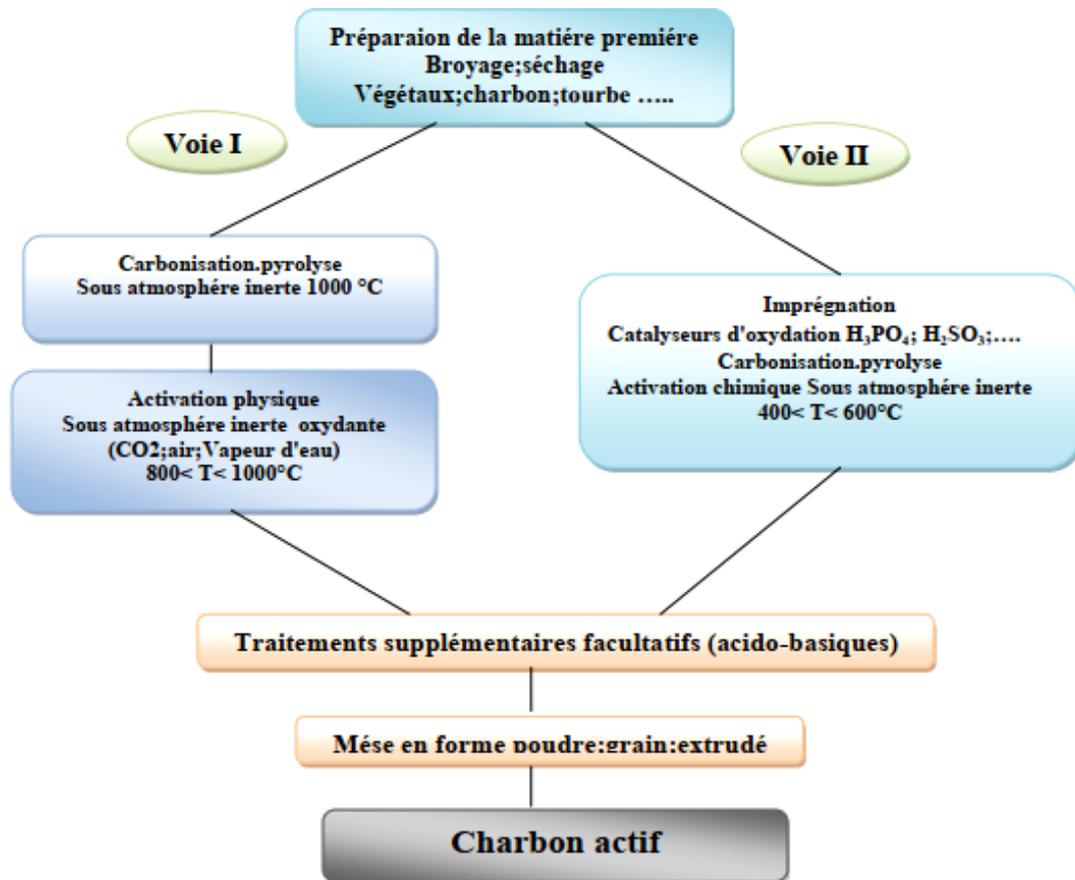


Figure. I.15 schéma du processus de fabrication de charbon actif

I.8 Techniques des caractérisations

Plusieurs techniques ont été utilisées pour caractériser l'échantillon. Ci-dessous, nous rappelons les principes de fonctionnement de plusieurs méthodes et montrons les conditions de mesure pour chaque méthode.

I.8.1 Isotherme Brunauer-Emette-Teller (BET)

L'isotherme Brunauer Emette Teller (BET), proposée en 1938, a été conçue comme une extension du mécanisme d'adsorption de Langmuir à plusieurs couches capacité atteindre l'infini [37].



Figure. I.16 BET - Analyse de physisorption de pores et de surfaces de haute résolution

I.8.2 Microscopie électronique à balayage (MEB)

La technique MEB est généralement utilisée pour étudier la morphologie de la surface des matériaux. Elle peut également être utilisée pour suivre le développement de la macroporosité, la grande méso porosité, et la composition locale de la matrice de carbone du charbon [38].



Figure. I.17 MEB en émission de champ S4700

I.8.3 Spectroscopie UV-Visible

La spectroscopie d'absorption moléculaire est basée sur la mesure de la transmittance T ou de l'absorbance A de solutions contenues dans des cellules transparentes ayant une longueur du trajet d'absorption égale à l . En général, entre la concentration d'un analyte absorbant et l'absorbance, il existe une relation linéaire qui s'exprime par l'équation de B er-Lambert :

$$A = \log I_0/I = \epsilon \cdot l \cdot C = - \log T$$

Où :

A : Désigne l'absorbance ;

I_0 : Intensité du rayon incident (cd : candela).

I : Intensité du rayon transmis (cd : candela).

ϵ : Le coefficient d'absorption qui est une constante pour une espèce absorbante et une transition données (L/mol.cm) [39].

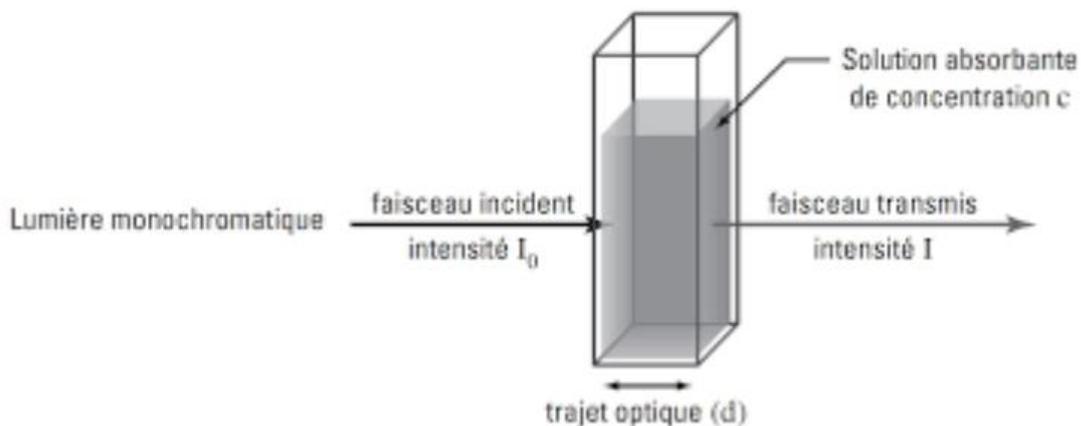


Figure. I.18 Schéma Loi de B er-Lambert

I.8.4 Spectroscopie Infra Rouge à Transformée de Fourier (IRTF)

La technique FTIR est utilisée pour identifier les groupes fonctionnels de surface sur les charbons. Une source de rayonnement infrarouge (nombre d'onde compris entre 400 et 4000 cm^{-1}) interagit avec l'échantillon. Si l'énergie de l'onde électromagnétique est proche de l'énergie vibratoire d'une molécule, celle-ci absorbe le rayonnement ; ainsi, l'intensité de la lumière transmise ou réfléchiée diminue. Cette technique est facile à utiliser et n'est pas destructrice [38].

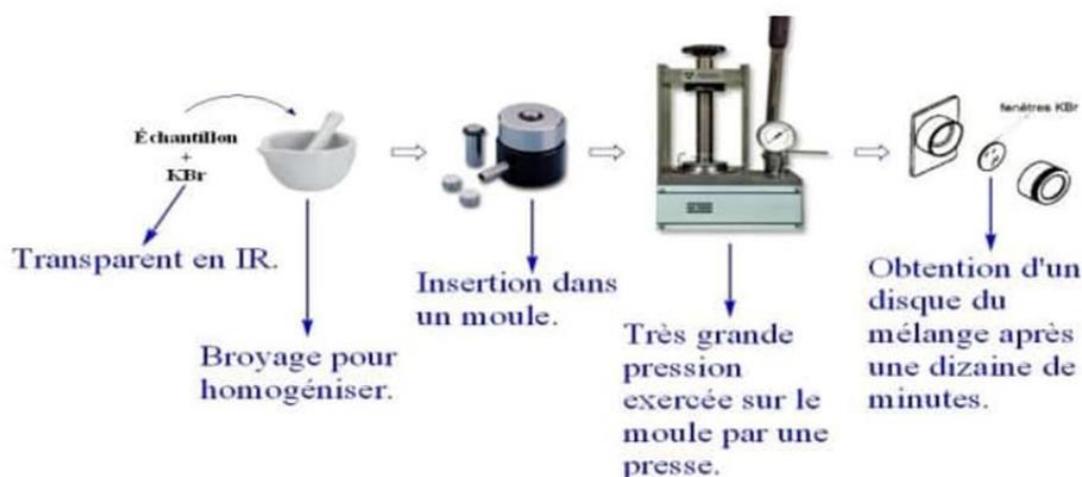


Figure. I.19 les différentes étapes de préparation des échantillons

Références Bibliographiques

- [1] M. K. Bechki, « Préparation et caractérisation du charbon actif à partir des noyaux du palmier dattier et des coquilles des noix ». Doctoral dissertation. Université kasdi merbah Ouaregla, Mémoire de master (2018).
- [2] N. Sylvestre, « Contribution à l'étude de la pollution des eaux de la rivière muha », Université du Burundi, THESE DE DOCTORAT (2013).
- [3] T. L. Benyoucef Imad Eddine, « Adsorption d'un colorant textile sur un charbon actif issu des noyaux de dattes ». Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi de Bordj Bou Arréridj, Mémoire de master (2020).
- [4] M. J. Prauchner, & F. Rodriguez-Reinoso, « Preparation of granular activated carbons for adsorption of natural gas. Microporous and Mesoporous Materials », 109(1-3), 581-584. (2008).
- [5] MG, Miquel, « Les effets des métaux lourds sur l'environnement et santé-rapport de l'office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques », France (2001).
- [6] S. Tababouchet, « Etude de la pollution des eaux superficielles et souterraines du bassin versant du sebaou », Ecole nationale supérieure d'hydraulique-Arbaoui Abdellah, Mémoire de master (2017).
- [7] M. Hammada., « Evaluation de la qualité des rejets liquides de trois industries en pollution des écosystèmes et Écotoxicologie » mémoire de magister, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université des Frères Mentouri Constantine (2017).
- [8] A. H. Meniai, and Khalfaoui, A. Derbal. « Etude expérimentale de l'élimination de polluants organiques et inorganiques par adsorption sur des matériaux naturels » Mémoire de master (2017).
- [9] D. Aidaoui et A. Kouadri, « Dégradation d'un colorant le gentiane violet par la technique de l'électrocoagulation », Université A. M. Oulhadj Bouira, Mémoire de master (2018).

- [10] L. Laidi, « Etude de la régénération d'un charbon actif par la spectroscopie infrarouge à transformée de fourrier (FTIR) », Université Abdelhamid ben Badis de Mostaganem, Mémoire de master (2016).
- [11] M. Djebbar, « argile de Maghnia purification et adsorption de polluants ». Doctorat. (2014).
- [12] F. Edeline, « Traitement des eaux industrielles chargées en métaux lourds, tribune de l'eau » N° 565, 5 édition: p565. (1993).
- [13] I. Adrar, « Utilisation des noyaux de dattes pour l'élimination des ions Fe^{2+} en solution aqueuse » Mémoire de master (2016).
- [14] K, M Larbi, « Préparation et caractérisation de carbones activés à partir de mélanges de précurseurs lignocellulosiques » DIPLOME DE DOCTORAT EN SCIENCES (2019).
- [15] VCH Verlags « Water in Ullman's Encyclopedia of Industrial chemistry», vol.8, (1995).
- [16] M. Capon, C, H. Véronique, and C. Valette. « Chimie des couleurs et des odeurs ». Cultures et techniques (1993).
- [17] M, H Ben, et al. « Les colorantes textiles sources de contamination de l'eau: criblage de la toxicité et des méthodes de traitement » Revue des sciences de l'eau ,209-238, (2011).
- [18] I. Bousnoubra , and K. Djebbar. « Contribution à l'élimination de colorants (Vert de méthyle et Bromocrésol pourpre) par procédés photochimiques en phase homogène (séparés et mélangés), en phase hétérogène en milieu aqueux et par adsorption sur ZnO » Université Frères Mentouri-Constantine 1, Mémoire de master (2017).
- [19] F. Benamraoui. « Elimination des colorants cationiques par des charbons actifs synthétisés à partir des résidus de l'agriculture ». Thèse de doctorat. (2018).
- [20] L. Zhenwang, C. ZhenLu, and L.Jiayan. « The PT dye molecular structure and its chromophoric luminescences mechanism ». 15th World Conference on Non-Destructive Testing. (2000).

- [21] FZ.SAIDI. « Elimination du Bleu de Méthylène par des Procédés d'Oxydation Avancée ». Thèse de doctorat. (2013).
- [22] T, Pr Makani, and Pr EBA François. « Préparation et caractérisation des charbons actifs obtenus à partir des coques de noix de Coula edulis, Application dans l'élimination en solution aqueuse des cations Mn (II) et Al (III) et des substances humiques » Thèse de doctorat (2016).
- [23] H.Guedidi, « Préparation et modification de carbones activés pour l'adsorption de polluants organiques émergents: molécules pharmaceutiques et liquides ioniques ». Diss. Université Grenoble Alpes, Université de Tunis El Manar, Thèse de doctorat (2015).
- [24] M. Farahani. A, S. R. S, S. Hosseini, S. Shojaeipour, & M. Kashisaz, « Adsorption-based cationic dyes using the carbon active sugarcane bagasse». *Procedia Environmental Sciences*, 10, 203-208. (2011).
- [25] M. A .Al-Ghouti, & Y. S. Al-Degs, «New adsorbents based on microemulsion modified diatomite and activated carbon for removing organic and inorganic pollutants from waste lubricants». *Chemical Engineering Journal*, 173(1), 115-128. (2011).
- [26] C. Cardot, « Les traitements de l'eau, procédés physico-chimiques et biologiques, Cours et problèmes résolus, Génie de l'environnement, Ed ellipses » article, (2002).
- [27] O. Sekraf et F. Khair, « Modélisation de l'adsorption : Application à la dépollution des eaux », Université Mohamed Khider de Biskra, Mémoire de master (2019).
- [28] A.Benarima, et R. Kouadri. « Préparation et caractérisation d'un charbon actif à partir de coquilles d'œufs ». Thèse de doctorat. (2017).
- [29] S.KHIRANI, « Procédés hybrides associant la filtration membranaire et l'adsorption/échange ionique pour le traitement des eaux usées en vue de leur réutilisation » Toulouse, INSA, Thèse de doctorat (2007).
- [30] E. KOLLER. Aide-mémoire Génie chimique, 2ème Edition DUNOD. (2005).
- [31] D. W. BRECK, *Zeolite molecular sieves*~ J. Wiley and Sons, New York, (1974). R~SUM « Les chaleurs différentielles d'adsorption de l'anhydride carbonique par la

modernité sodique et différents tamis moléculaires (NaX, NaY, HZ, Na0, Ca0. ar ; A) ont», vol. 16. (1976).

[32] M.Hadjel Pr, and Examineur A. Bendraoua MCA USTOMB-ORAN. « Contribution à la valorisation des déchets d'artichaut pour la production de charbon actif et de bioéthanol ». Thèse de doctorat (2012).

[33] Z. Belkebir. « Valorisation des dechets agro-alimentaires cas des grignons d'olives. Diss. Boumerdes, Université M'hamed Bougara. Faculté des sciences de l'ingenieur » Thèse de doctorat (2007).

[34] E. F. Ibanez, « Etude de la carbonisation et l'activation de précurseurs végétaux durs et mous » Doctoral dissertation. (2002).

[35] KH.Boutadra, L. Ben Ali, and S. Kalloum. « Valorisation des déchets ligno-cellulosiques, issus du palmier dattier, en charbon actif». Université Ahmed Draia-ADRAR., Thèse de doctorat (2017).

[36] C. M. Creanga, « Procédé AD-OX d'élimination de polluants organiques non biodégradables (par adsorption puis oxydation catalytique) ». Thèse pour l'obtention du grade de Docteur de l'Institut National Polytechnique de TOULOUSE. (2007).

[37] M. Francoeur, « Optimisation des conditions d'élaboration de charbon actifs à partir de biomasse (Sargassum sp et Galaba Calophilum L) pour l'adsorption et la dégradation de polluants émergents ». Doctoral dissertation, Antille. (2022).

[38] M. Hamdadou, « Caractérisation pétro-minéralogique et séquentielle du gisement de phosphate de Djebel Onk (Algérie): quantification et répartition de l'exo-et endogangue: approche nouvelle du traitement ». Doctoral dissertation, Institut National Polytechnique de Lorraine (1996).

[39] A. Zerfa, & K. E. Kouchache, « Etude expérimentale de l'adsorption d'un colorant sur des déchets agricoles (écorces d'orange et de tiges des dattes) »Mémoire de master (2015).

Chapitre II

Synthèse et Caractérisation
des matériaux

II.1 Introduction

Le but de cette étude est de préparer du charbon actif à partir des déchets agricoles pour obtenir une substance applicable utilisé à l'élimination de polluant organique, dans une solution aqueuse de bleu de méthylène, résultant de son utilisation dans certaines activités industrielles et chimiques. Par conséquent, cette étude a deux aspects, le premier est la préparation de charbon activé (l'exploitation des déchets agricoles comme matière première). Deuxièmement, utiliser ce charbon pour traiter l'eau. Ensuite, nous décrivons les techniques d'analyse utilisées lors de ce mémoire. A propos de la spécification des échantillons.

Dans le but de valoriser les matériaux locaux en charbon actif, nous avons utilisé les fruits de genévrier provenant de région du nord-est Algérien (Arris, Batna) qui sont des massives montagnes connues par les arbres de genévrier dans cette wilaya.

II.2 Préparation des charbons actifs

II.2.1 Précurseur utilisé(les Fruits des Genévriers)

Arbuste ou petit arbre de forme conique, fastigié. Feuilles écailleuses. Fruits globuleux, de 8 à 10 mm, rouge foncé (Figure. II.1). Espèce monoïque qui a une croissance lente (Figure. II.2).

Origine : Sud de l'Europe, Afrique du Nord jusqu'à l'Arabie Saoudite. Vit dans les broussailles xériques, les crêtes rocheuses et les fissures, jusqu'à 18 m d'altitude [1].

Les feuilles et les fruits de plusieurs espèces du genre genévrier (*Juniperus*) sont utilisés en médecine traditionnelle et leurs composés chimiques sont incorporés dans des préparations pharmaceutiques d'usage particulièrement antiseptique est attribué à la présence d'huiles essentielles [2].

Dans la médecine populaire algérienne. Ses feuilles sont utilisées sous forme de décoction pour traiter le diabète, la diarrhée et les rhumatismes. Le mélange de feuilles et de baies de cette plante est utilisé comme agent hypoglycémique oral, alors que les feuilles sont utilisées contre les maladies broncho-pulmonaires. Les cônes, les rameaux, mais surtout les jeunes pousses ont des effets diurétiques, stomachiques et digestifs, alors

éléments que les fruits séchés et réduits en poudre peuvent guérir les ulcérations de la peau et les abcès [2].



Figure. II.1 Les fruits de genévrier



Figure. II.2 L'arbre de genévrier

II.2.2 Préparation des charbons actifs

Le fruit du genévrier (*juniperus*) est la matière première utilisé dans cette étude. La préparation de ces charbons actifs suit le protocole suivant : lavage, séchage, broyage, tamisage suivi par activation chimique (KOH), on termine la préparation par la calcination à différentes températures comme le montre la (Figure. II.3).

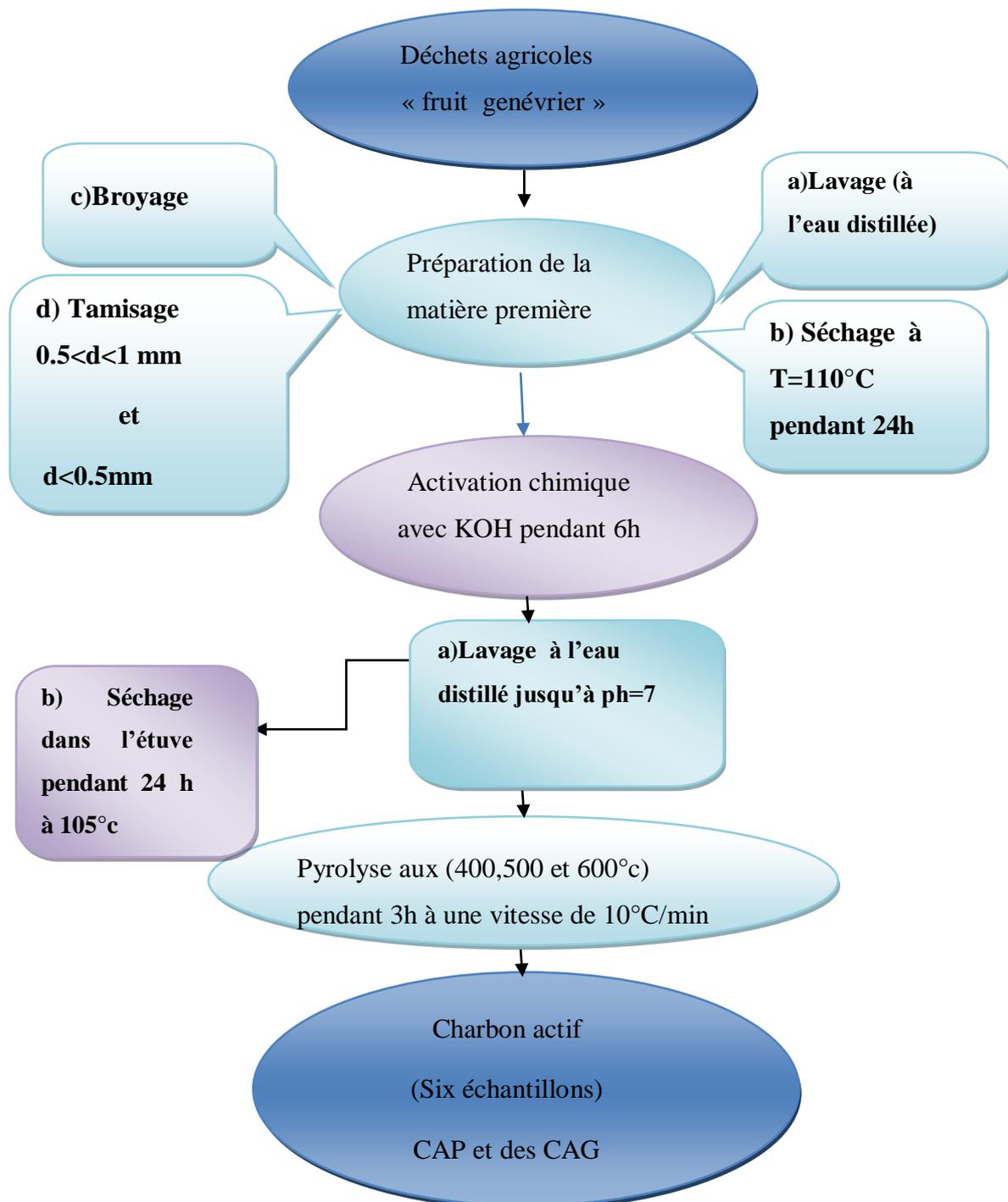


Figure. II.3 Protocole de préparation des charbons actifs

II.3 Méthodologie de travail

II.3.1 Traitement des Fruits des génévriers

Le traitement comprend quatre étapes physiques qui sont : le lavage, le séchage, le broyage et finalement le tamisage.

✓ Lavage

Ce processus consiste à nettoyer les fruits des arbres genévrier, et à éliminer toutes les impuretés en les lavant soigneusement à l'eau du robinet, puis à l'eau distillée qui devient complètement claire comme le montre (la figure II.4).



Figure. II.4 Les fruits genévrier lavé

✓ Séchage

Le séchage de la matière première a été réalisé au moyen de l'énergie solaire et aussi dans une étuve, à une température de 110 °C pendant 24 heures (figure II.5).



Figure. II.5 Les fruits dans l'étuve

✓ **Broyage**

Les fruits sont broyées pour d'obtenir des matériaux homogènes, broyés à l'aide du broyeur (figure II.6).



Figure. II.6 Un broyeur

✓ **Tamissage**

Dans cette étape, les échantillons obtenus après broyage doivent être tamisés à l'aide de tamis de type ouvert (m/m), pour obtenir des fractions de particules (figure II.7) de diamètres : $0.5\text{mm} \leq d < 1\text{mm}$ et $d < 0.5\text{mm}$.

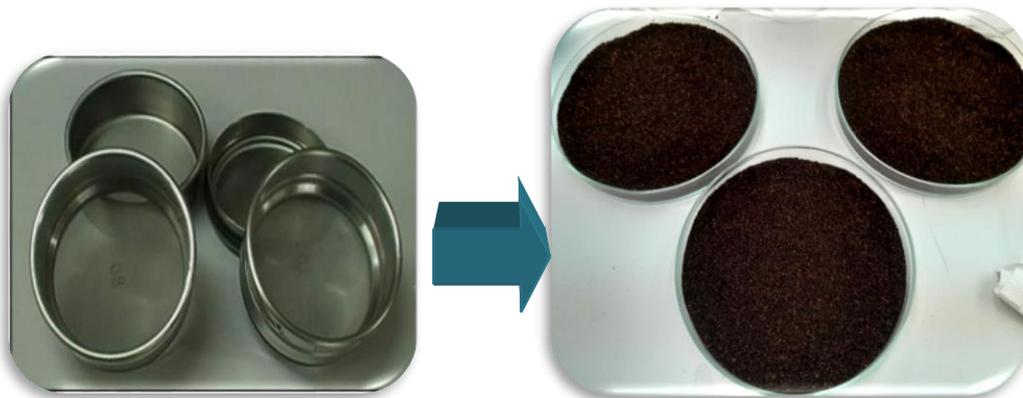


Figure. II.7 Les tamis utilisé pour le tamissage

✓ Activation chimique

Les grains et les poudres sont imprégnés avec un rapport de (1/1) à température ambiante avec une solution de d'hydroxyde de potassium KOH (0.5M) pendant 6 heures sous agitation. Ils sont ensuite filtrés, et séché dans l'étuve à 105°C pendant 24h (figure II.8).



Figure. II.8 Les grains et poudres activés chimiquement

✓ Pyrolyse

Cette étape est nécessaire pour convertir la matière première en charbon actif dans un four à moufle Naperthem à différentes températures (400°C ,500°C et 600°C) pendant trois heures à vitesse de chauffe (10°C/min).

Références pour les échantillons de charbon actif préparé chimiquement activé par KOH sont comme :

- ❖ **CAG-400** : charbon actif préparé à partir des fruits de genévrier de 0.5mm < d < 1mm chimiquement active par le KOH calciné à 400°C.
- ❖ **CAG-500** : charbon actif préparé à partir des fruits de genévrier 0.5mm < d < 1mm chimiquement active par le KOH calciné à 500°C.
- ❖ **CAG-600** : charbon actif préparé à partir des fruits de genévrier 0.5mm < d < 1mm chimiquement active par le KOH calciné à 600°C. comme suit (figure II.9).

- ❖ **CAP-400** : charbon actif préparé à partir des fruits de genévrier de $d < 0.5\text{mm}$ chimiquement active par le KOH calciné à 400°C .
- ❖ **CAP-500** : charbon actif préparé à partir des fruits de genévrier $d < 0.5\text{mm}$ chimiquement active par le KOH calciné à 500°C .
- ❖ **CAP-600** : charbon actif préparé à partir des fruits de genévrier $d < 0.5\text{mm}$ chimiquement active par le KOH calciné à 600°C . comme suit (figure II.9).



Figure. II.9 Calcination des CAP et des CAG dans le four moufle



Figure. II.10 après calcination le CAP et le CAG

✓ **Lavage après l'activation chimique**

De noir du charbon (brut) on le lave pour éliminer les traces des hydroxydes de potassium (KOH) par acide chlorhydrique (HCl) avec l'eau distillée jusqu'à $\text{pH}=7$. Puis séché dans l'étuve à 110°C pendant 24 heures (figure. II.11).



Figure.II.11 Le charbon actif après la pyrolyse, lavage et filtration



Figure. II.12 CAG(600°C ,500°C,400°C) après séchage



Figure. II.13 CAP(600°C ,500°C,400°C) après séchage

II.4 Résultats et discussion

II.4.1 Introduction

Toute étude expérimentale aboutit à des résultats qui doivent être organisés et présentés sous forme des courbes ou histogrammes. Ces derniers nécessitent des analyses et des interprétations afin de bien expliquer les mécanismes et les interactions qui peuvent être en jeu. Le présent chapitre exposera les résultats expérimentaux des essais d'adsorption de bleu du méthylène sur charbon actif.

II.4.2 Caractérisation physico-chimique du 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 comme l'adsorption, désorption ou autres. Nous représentons quelques caractéristiques les plus importantes, puis nous exposerons également les résultats obtenus lors de l'élimination de colorant cité au paravent par adsorption sur le charbon actif à base de fruit de genévrier[3].

II.4.3 Le rendement de synthèse des charbons actif

L'activation chimique génère du charbon actif avec un meilleur développement des pores. Le produit de synthèse du charbon actif est le rapport pondéral du charbon actif.

$$\text{Rendement \%} : (m_1 / m_0) \times 100$$

m_0 : masse du CAP ou de CAG sec avant pyrolyse.

m_1 : masse du CA (après pyrolyse).

Tableau .II.1 Les rendement de synthèse des charbons actifs

Echantillons	CAP 400 C°	CAP 500 C°	CAP 600 C°	CAG 400C°	CAG 500C°	CAG 600C°
Rendement%	40.70	34.20	32.77	38.85	35.89	26.65

Les résultats de rendement de la synthèse du charbon actif préparé (Tableau II.1) ont été déterminés dans la gamme (32.77 % et 40.70 %) pour les poudres et dans la gamme (26.65 % et 38.85%) pour les grains. En comparant des échantillons calcinés dans différentes températures, on a observé que le rendement diminue avec l'augmentation de la température de pyrolyse. Cela peut être expliqué par la dégradation des matières organiques.

II.4.4 Le « Burn-off »

Le burn-off représente la perte de masse des génévriers saturés imprégnés par KOH due au traitement thermique à l'étape d'activation.

$$\text{Burn-off \%} = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \times 100$$

Tableau.II.2 Perte de masse (Burns-off) du charbon actif

Echantillons	CAP 400C°	CAP 500C°	CAP 600C°	CAG 400C°	CAG 500C°	CAG 600C°
Burn-off(%)	59.29	67.22	79.56	61.15	64.15	70.39

Les résultats de perte de masse (Burns-off) du charbon actif (Tableau II.2) ont été déterminés dans la gamme (59.29 % et 79.56 %) pour les poudres et dans la gamme (61.15% et 70.39) pour les grains. Dans différentes températures, on a observé que le Burn-off augmente légèrement avec l'augmentation de la température. Ce qui indique que l'activation résulte d'une réaction de KOH avec le précurseur et qui limite la perte de masse en matière volatile.

II.4.5 Détermination du taux d'humidité

Au contact permanent de l'air ou par son stockage, les solides se chargent d'une certaine humidité du fait de la diffusion de molécules d'eau dans la structure et à la surface du solide. La cote d'humidité peut indiquer la viabilité hydrophile de ce solide [4].

➤ Mode opératoire

On place une masse (1.5g) du charbon actif à (110°C) pendant une 24heure dans l'étuve.

La relation ci-dessous permet d'obtenir le taux d'humidité relatif pour les deux adsorbants. les résultats sont assemblés dans le (tableau. II.3).

$$H \% = [(m_0 - m_1) / m_0] \times 100$$

m_0 : pesage avant séchage en grammes.

m_1 : poids après séchage en grammes.

Tableau. II.3 taux d'humidité des charbons actifs

Echantillons	CAP 400 C°	CAP 500 C°	CAP 600 C°	CAG 400C°	CAG 500 C°	CAG 600C°
H %	4.6	3.3	3.1	2.9	2.6	2.0

II.4.6 Détermination de la densité apparente

La densité apparente est l'ensemble des fractions solides et pores. Elle est déterminée par la méthode de l'éprouvette graduée.

On met la masse de charbon actif obtenue après la pyrolyse dans éprouvette, puis on enregistre le volume observé.

On calcule la densité par la relation suivante :

$$d = m/v \text{ (g/ml)}$$

m : la masse de la substance, v : le volume occupé par m .

Tableau.II.4 La densité apparente du charbon actif

Echantillons	CAP 400C°	CAP 500 C°	CAP 600 C°	CAG 400C°	CAG 500C°	CAG 600C°
Densité (g/ml)	0.357	0.348	0.333	0.348	0.312	0.306

II.5 Caractérisation par Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (FTIR)

La FTIR est le meilleur moyen de suivre les effets de l'activation chimique et de la carbonisation sur le produit à l'étude.

C'est un technique de caractérisation moyen qui aide à suivre, de près, les transformations subies par les liaisons interatomiques existantes dans le produit pendant les différents traitements, et en conséquence savoir les liaisons qui sont affectées de celles qui sont préservées [5].

II.5.1 Spectre infrarouge du matériau brut

L'étude par spectroscopie infrarouge (FTIR) des charbon actifs ont été sur un spectromètre FTIR-8400S à la température ambiante (nombre d'onde compris entre 400 et 4000 cm^{-1}).

Les échantillons sont sous forme de pastille, préparés à base de KBr (0.3g) avec une quantité de charbon actif (0.001g).

**Figure.II.14** Protocole de l'obtention d'un spectre (FTIR)

II.5.2 Le produit brut

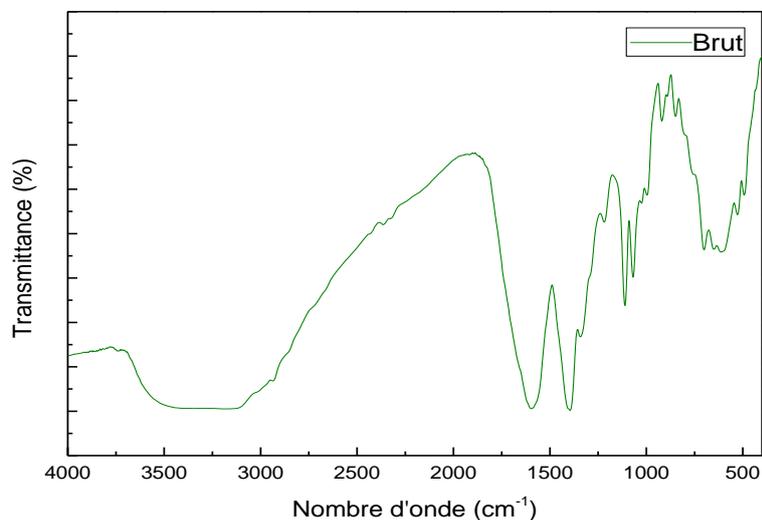


Figure. II.15 spectre infrarouge(FTIR) de l'échantillon brut

II.5.3 Spectres infrarouge des charbons actifs préparés

Les spectres infrarouge des échantillons CAP et CAG (400°C ;500°C et 600°C) poudres et grains.

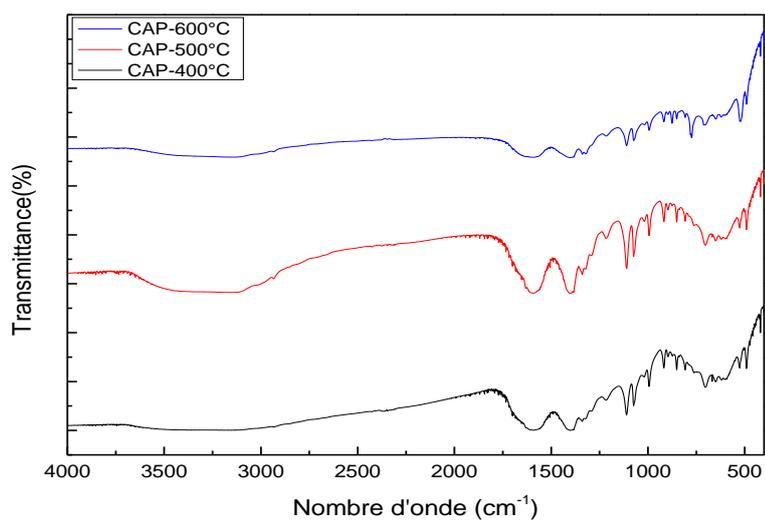


Figure. II.16 spectre infrarouge(FTIR) des l'échantillons (CAP-400°C ;CAP-500°C ;CAP-600°C)

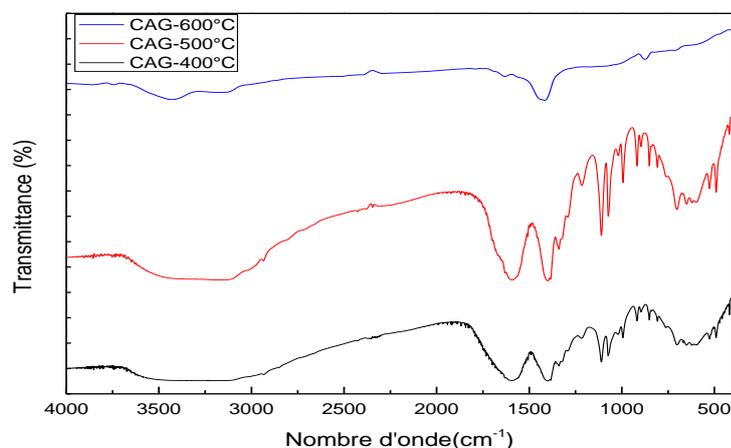


Figure. II.17 spectre infrarouge(FTIR) des échantillons (CAG-400°C ; CAG-500°C et CAG-600°C)

Les interprétations des principaux signaux existant dans les spectres infrarouge sont illustrées dans(le tableau II.5).

Tableau.II.5 Caractérisation des charbons actifs (400°C ;500°C et 600°C) par spectroscopie infrarouge (FTIR) [6-7]

Echantillons	Nombre d'onde (cm ⁻¹)		Liaisons
	Dans la bibliographie	Dans ce travail	
Brut	3300-3600	3350	OH pour les alcools et large pour les acide
	1500-1650	1600	C=C vibration de valence dans les cycles
	1360-1450	1375-1450	CH ₃ -CH ₂ vibration de formation dans les ester ,hydrocarbure.
	1000-1160	1110-1150	C-H dans les alcanes
	3650-3300	3400	OH pour les alcools et large pour les acides.

CAP-400°C	1650-1500	1640	C=C vibration de valence dans les cycles
	1450-1000	1400	C-O dans l'éther
	1300-1000	1200	Vibration de déformation OH et C-H dans les hydroxyles, acide
	730-670	690-720	Vibration de déformation liaison C-H aromatique tri substitué symétrique
CAP-500°C	3300-3650	3500	OH pour les alcools et large pour les acides
	1650-1500	1649	C=C vibration de valence dans les cycles
	1400-1300	1370	liaison O-H alcool aromatique vibration de déformation
	1300-1000	1100-1290	Vibration de déformation OH et C-H dans les hydroxyles, acide
	730-670	690-720	Vibration de déformation liaison C-H aromatique tri substitué symétrique
CAP-600°C	3300-3650	3400	OH pour les alcools et large pour les acides
	1650-1500	1620	C=C vibration de valence dans les cycles
	1400-1300	1320-1375	liaison O-H alcool aromatique vibration de déformation
	1300-1000	1200-1270	Vibration de déformation OH et C-H dans les hydroxyles, acide

	730-670	600	Vibration de déformation liaison C-H aromatique tri substitué symétrique
CAG-400°C	3300-3650	3550	OH pour les alcools et large pour les acide
	1360-1450	1400	CH ₃ -CH ₂ vibration de formation dans les ester ,hydrocarbure.
CAG-500°C	3300-3650	3350	OH pour les alcools et large pour les acide
	1650-1500	1570	C=C vibration de valence dans les cycles
	1400-1300	1450	liaison O-H alcool aromatique vibration de déformation
	1350-1260	1270-1300	liaison O-H alcool secondaire
	1300-1000	1200-1250	Vibration de déformation C-H dans les hydroxyles, acide
	730-670	680-700	Vibration de déformation liaison C-H aromatique tri substitué symétrique
CA-600°C CAG	3300-3650	3400	OH pour les alcools et large pour les acide
	1400-1300	1350-1390	C=C vibration de valence dans les cycles
	1350-1260	1250-1325	liaison O-H alcool aromatique vibration de déformation
	730-670	680	Vibration de déformation liaison C-H aromatique tri substitué symétrique

II.6 Etude par adsorption

Les tests de caractérisation par adsorption sont réalisés sur les trois échantillons de charbon actif suivant CAG (400,500 et 600°C) suite à leurs bon rendement de production, et leurs meilleurs propriétés.

II.6.1 La courbe d'étalonnage

Pour réaliser les différentes expériences d'adsorption, on a préparé une solution mère de BM à une concentration $C_0 = 20 \text{ mg/l}$.

une série de solutions de concentrations bien déterminées (0,8 ; 1,6 ; 2,4 ; 3,2 ; 4 mg/l) a été obtenue en prenant des différents volumes par dilutions successives de solution mère (20 mg/l), pour obtenir cinq solutions filles.

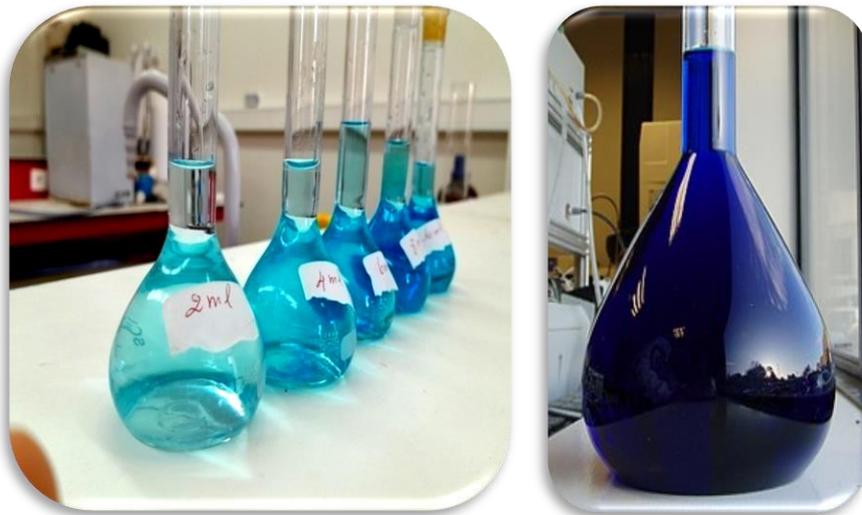


Figure. II.18 préparation de la solution mère et les solutions filles du bleu de méthylène

Une courbe d'étalonnage (Figure. II.20) est déterminée par mesure spectrophotomètre UV-Vis, ($\lambda_{\max}=664 \text{ nm}$), absorbance (A) = f (concentrations des solutions aqueuses de BM).

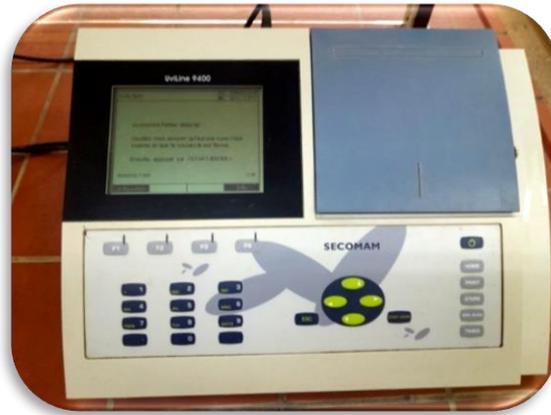


Figure. II.19 Spectrophotomètre uv-visible

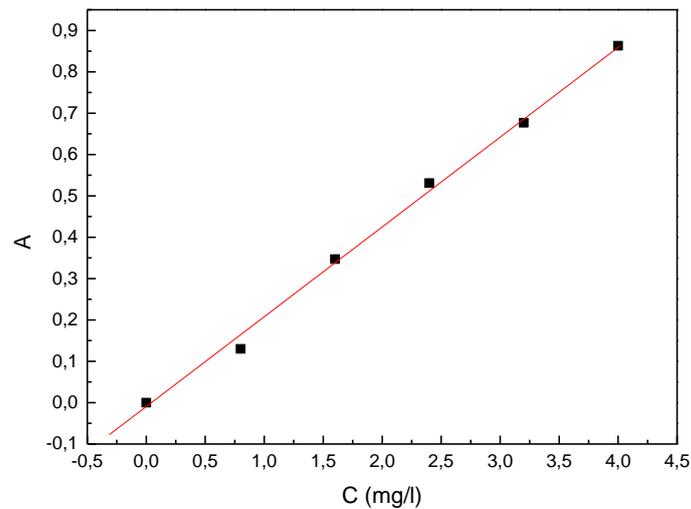


Figure. II.20 La courbe d'étalonnage pour l'adsorption de BM

II.6.2 Quantité adsorbée du colorant BM

Le taux d'élimination du colorant noté R et exprimé en pourcentage (%), il est défini par la formule suivant :

$$R (\%) = [(C_0 - C_e) / C_0] \times 100$$

C_0 : Concentration initiale de l'adsorbat.

C_e : Concentration à l'équilibre de l'adsorbant (mg/l).

II.6.3 Influence du temps de contact sur d'adsorption du BM

Les cinétiques d'adsorption du bleu de méthylène à une concentration de 20mg/l pour une masse de charbon actif de 0,5g ont montré qu'une grande proportion du bleu de méthylène est adsorbée dans les 20 premières minutes (Figure II.20.). En effet la quasi-totalité du est bleu de méthylène éliminée. Ce phénomène constaté pendant les premières minutes de la réaction, peut être interprété par le fait qu'en début d'adsorption le nombre des sites actifs disponibles à la surface du matériau adsorbant est beaucoup plus important que celui des sites restant après un certain temps. Dans le essai de (CAG-400°C) le temps a été maintenu à une heure et quarante-cinq minutes comme maximum temps nécessaire pour obtenir l'équilibre d'adsorption de notre adsorbat. Dans l'essai de (CAG-500°C) le temps a été maintenu à une heure et demi comme maximum ; pour l'essai de (CAG-600°C) le temps a été maintenu à une heure.

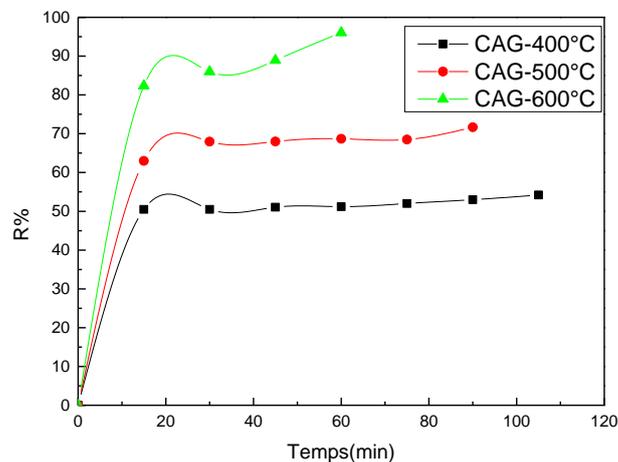


Figure. II.21 Effet du temps de contact sur d'élimination de BM

II.6.4 L'influence de la masse sur l'élimination BM

Une étude de l'effet de masse est menée sur l'absorption bleu du méthylène est menée dans des circonstances L'étude expérimentale suivante :

Volume de la solution de BM est de 50 ml, masse de charbon varies comme suite de (0.1g,0.2g,0.3g,0.4g,0.5g et 0.6g) et $C_0 = 20 \text{ mg /L}$. les résultats obtenu sont présentés dans les graphes de la (Figure II.22).

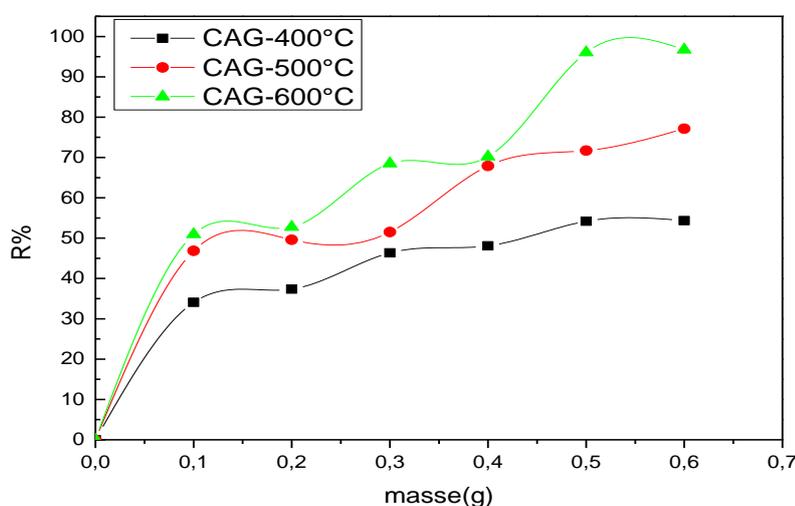


Figure. II.22 L'influence de la masse sur l'élimination du BM

Le pourcentage d'élimination des BM augmente lorsque la masse de l'adsorbant augmente. L'augmentation de la masse de l'adsorbant augmente la surface spécifique et donc le nombre des sites disponibles d'adsorption pour conséquence.

Les courbes de la (Figure. II.22) montre que le pourcentage d'élimination des BM est pratiquement (96.7 %) pour le charbon actif a 600°C et (77.15%) pour le charbon actif a 500°C et (54.35%) pour le charbon actif a 400°C, et la masse de charbon actif qui sera prise en compte dans les études ultérieures sera 0.6g.

II.6.5 L'influence de la concentration sur l'élimination de BM

Afin d'estimer l'effet de la concentration de bleu de méthylène sur le charbon actif pendant de le processus d'adsorption, nous diluons la solution mère ($C_0=20\text{mg/l}$) dans 4

solution filles de différentes concentration ($C_1=5\text{mg/l}$; $C_2=10\text{mg/l}$; $C_3=15\text{mg/l}$; $C_4=20\text{mg/l}$) dans 50ml puis ajouter 0.5g de charbon actif (CA-400°C, CH-500°C, CA-600°C) sous agitation pendant 1h pour (CA-600°C), et 1h demi pour (CA-500°C), et 1h45min pour (CA-400°C).

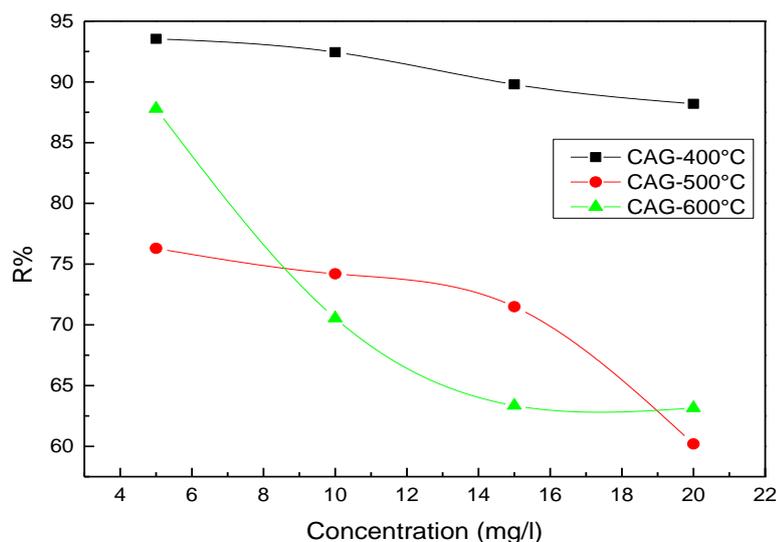


Figure. II.23 L'influence de la concentration sur l'élimination du BM

On a observé que la quantité adsorbée diminue avec l'augmentation de la concentration, cela s'explique par le fait que lorsque la concentration diminue, les ions libres présents dans la solution diminuent, et donc la compétition pour le lien entre l'ion chargé positivement et les sites actifs formant le matériau d'adsorption (charbon actif) est plus importante et donc la connexion est plus facile [8], cela est très claire pour le CAG-600°C.

Références bibliographiques

- [1] Genévrier rouge - juniperusphoenicea - vente d'arbuste en ligne. gaec les senteurs du quercy. <https://www.senteursduquercy.com/juniperus-genevrier/356-juniperus-phoenicea-genevrier-rouge.html>
- [2] B. Brahim, D&W. Souaci « Enquête ethnobotanique et étude phytochimique de deux plantes médicinales (Rosmarinus officinalis et Juniperus phoenicea) », dans la région d'oued souf. Université constantine, Mémoire de Master Académique (2021).
- [3] A. Nait –Merzougi, A. Benjaballah « Préparation et caractérisation d'un charbon actif à base d'un déchet agricole », Thèse de doctorat, (2018).
- [4] R. ouaicha et S. Chaib, « Etude de l'efficacité adsorbante du charbon actif issue des déchets agricoles », Université Mohamed Khider de Biskra, Mémoire de master (2019).
- [5] M. Dekhili, « Élimination de l'ammonium sur un charbon préparé par les noyaux de dattes sur solutions synthétiques », Université Mohamed Khider Biskra, Mémoire de master (2020).
- [6] M. Prauchner, J. and F. Reinoso, « Preparation of granular activated carbons for adsorption of natural gaz » Microporous and Mesoporous Materials 109.1-3:581-584, (2008)
- [7] <https://www.lachimie.fr/analytique/infrarouge/table-infra-rouge.php>
- [8] ناصري وحمادة. «امتزاز صبغة البلورة البنفسجية من محاليلها المائية بواسطة أطيان الإيليت بطريقة الدفعات والعمود» الوادي. مذكرة ماستر أكاديمي. جامعة قاصدي مرباح ورقلة (2019).

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Le travail réalisé au cours de ce mémoire s'inscrit dans le cadre général de la dépollution des eaux. Il a eu pour objectif d'étudier l'adsorption du bleu de méthylène en solution aqueuse. Sur deux formes de charbon actif en poudre et en grain que nous avons préparé au niveau de laboratoire depuis les fruits de genévrier broyé, activés chimiquement en utilisant (KOH) et est calciné à différentes températures (400°C, 500°C et 600°C).

L'étude a inclus plusieurs effets variables sur le charbon actif et la substance adsorbée qui est le bleu de méthylène, afin de déterminer les meilleurs résultats et les plus idéaux pour une meilleure adsorption et pour la purification de l'eau contaminée en colorants.

Les résultats de ces effets sont:

- ❖ La production de la synthèse de charbon actif préparé se situe entre (32.77 % et 40.70 %) pour les CAP et entre (26.65 % et 38.85 %) pour les CAG.
- ❖ La masse idéale du charbon actif pour une meilleure adsorption est 0.6 g.
- ❖ Le charbon actif est le meilleur adsorbant à faible concentration
- ❖ Le charbon actif idéal pour une meilleure adsorption CAP-600°C.

Après cette étude, nous pouvons juger que le charbon actif préparé à partir des fruits de Genévrier est un bon adsorbant à faible couts et qui possède une grande capacité pour éliminer de BM.