

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITÉ de BLIDA 1

Faculté de Technologie

Département de Génie des Procédés



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER EN GENIE D'ENVIRONNEMENT

**La dépollution des eaux usées de la station
d'épuration de la région de chenoua sur un
support naturel**

Présenté par :

Mlle.Bendriss Rania

Mr.Djeghroud Brahim

Encadré par :

Pr. LARIBI Hassiba

Co-encadré par :

M^{me}. Meliani Asma

Mr .Boulhabel Elies

Année universitaire 2021/2022

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier avant tous Allah le tout puissant qui nous a donné la santé, le courage, la volonté et la patience pour réaliser ce travail

J'adresse aussi mes vifs remerciements aux membres du jury pour avoir bien voulu examiner et juger ce travail.

Un remerciement exceptionnel à notre encadreur Pr. LAARIBI Hassiba, Mlle MELIANI Asma et Mr BOULHABEL Elias qui nous ont accordé leur confiance, leur contribution hautement distinguée dans la réalisation de ce travail qui nous restera à l'esprit, leur sens d'appréciation scientifique, leur rigueur pour le travail bien fait, leurs suggestions pertinentes dans la recherche et surtout leur disponibilité.

Nous tenons à remercier tout particulièrement Mme MEKKATI Faiza Chef de service laboratoire step Chenoua (SEAAL) pour son attention particulière à notre travail et sa disponibilité.

Nous remercions infiniment les ingénieurs du laboratoire step chenoua Mr EL-HAFFAF Benkheira et Mme ADJADJ Nora pour leur gentillesse, patience et aide.

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail

A ma chère mère

Quoi que je fasse ou je dise ,je ne sais jamais à quel point te remercier comme ils doit .Tu as toujours sété ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon cher père

Tu as toujours sété à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

A mes très chères sœurs Marame et Lilia qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

A mon frère Mouhamed.

A ma tante Leila qui m'a toujours soutenu.

A mes amies qui m'ont toujours encouragé et surtout Rihana, Nozha et Yasmine.

A tous ceux que j'aime et à ceux qui m'aiment.

Rania.

DEDICACE

A ma chère mère

Quoi que je fasse ou je dise ,je ne sais jamais à quel point te remercier comme ils doit .Tu as toujours sété ma source de force pour affronter les différents obstacles.

A mon cher père

Tu as toujours sété à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

A mes frères Mohamed, Houcien, Fares, Hamza, Djamel Eddine ,Mahieddine et Youcef qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail.

A mes amies qui m'ont toujours encouragé et surtout Slimane, Nadir et Yazid et a mon cousin Rahim.

A tous ceux que j'aime et à ceux qui m'aiment.

Brahim.

Résumé :

Notre étude a consisté à préparer un charbon actif à partir du marc de raisin (déchet de la viticulture) de le caractériser et de l'appliquer dans le traitement quaternaire (affinage) de l'eau traitée au niveau de la station de Chenoua dans la wilaya de Tipaza, et cela en vue d'utiliser cette eau en irrigation.

Après la préparation du charbon actif à l'aide d'un protocole préalablement élaboré, nous avons procédé à caractérisation de ce charbon, puis nous avons entamés des tests d'adsorption que nous avons mené par le mode batch, en étudiant des paramètres classique pour toute étude d'adsorption , à savoir les effets du temps, de la masse d'adsorbant utilisé et du pH de la solution.

Les résultats se sont révéle prometteurs et ont démontré que la meilleure efficacité de notre matériau est obtenu à pH neutre pour une durée minimale de 1heure et pour une masse de 1GR par 100 ml d'eau à traiter, ces résultats sont en concordance avec ceux obtenus dans des études antérieures.

ملخص:

اشتملت دراستنا على تحضير الكربون المنشط من ثفل العنب (نفايات زراعة الكروم) ، وتوصيفه وتطبيقه في المعالجة الرباعية (التكرير) للمياه المعالجة في محطة شينووا بولاية تيبازة ، وذلك من أجل استخدام هذه المياه في الري.

بعد تحضير الكربون المنشط باستخدام بروتوكول تم تطويره مسبقاً ، شرعنا في توصيف هذا الكربون ، ثم بدأنا اختبارات الامتزاز التي أجريناها عن طريق وضع الدُفعات ، من خلال دراسة المعلمات الكلاسيكية لأي دراسة امتزاز ، وهي تأثيرات الزمن ، كتلة الممتزات المستخدمة ، ودرجة الحموضة في المحلول.

كانت النتائج واعدة وأظهرت أن أفضل كفاءة لموادنا يتم الحصول عليها عند درجة حموضة محايدة لمدة لا تقل عن ساعة واحدة وكتلة GR 1 لكل 100 مل من الماء المراد معالجتها ، تتوافق هذه النتائج مع تلك التي تم الحصول عليها في الدراسات السابقة

Abstract

The objective of our study is to use an activated coal prepared with grape pomace (waste of wine industry) in water treatment, especially in the treatment of epurated water produced by the treatment plant of Chenoua in Tipaza district Algeria.

After preparation of the activated coal with a defined protocol, we have made it's characterization, before using it, in adsorption tests, using a batch system, the main parameters studied were effect of contact time, effect of mass and effect of PH.

Results were promising and revealed that the best efficiency of our material is obtained when using 1 GR of coat for 100 ml of water, and after at least 1 hour of contact time, for a solution with neutral PH, these results are in concordance with former similar studies.

sommaire	
Remerciement	
DEDICACE	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Sommaire	
Résumé	
INTRODUCTION GENERALE	1
Chapitre 01 : Partie bibliographique	
1.les eaux usées	2
1.1.Définition	2
1.2.Origine	2
1.3. Types des eaux usées	2
2. La Pollution	3
2.1. Origine	3
2.2.Types de pollutions	4
2-3-1- Les paramètres physico-chimiques	5
2-3-2-3- Paramètres bactériologiques	7
3.Traitement et épuration des eaux usées	7
3-1- Les prétraitements des eaux usées	8
4-L'adsorption et charbon actif	16
4-1- Définition de l'adsorption	16
4-2-1- Les types d'adsorption	16
4-2-2-Le mécanisme d'adsorption	17
4-2-3-Facteurs influençant l'adsorption	17
4-3-Définition d'un adsorbant	19

4-3-2- Structure de l'adsorbant	19
4-3-3-Principaux types d'adsorbants	19
4-4-Critères du choix d'un adsorbant	21
5-Transformation d'un matériel végétale charbon actif	21
5-1-Charbon actif	22
5-2- Description et Propriété des charbons actifs	23
5-3- Régénération recyclage	25
Chapitre 2 : Méthodes et caractérisations	
➤ Presentaion de step de chenoua	31
1. Produits et matériels	32
2. Modes opératoires	32
2.1. Préparation d'adsorbant	32
2.2. Caractérisation du charbon actif de marc de raisin	34
2.2.1. Détermination PH pzc	35
2.2.2. La teneur en humidité	35
2.2.3. Le taux de cendre	36
2.2.4. Efficacité de l'activation	36
2.2.5. Analyse structurale par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier	36
2.2.6. Microscope électronique à balayage (MEB)	37
2.3. OPTIMISATION DES CONDITIONS D'IMPREGNATION	37
2.3.1. Effet du temps d'imprégnation	38
2.3.2. Effet de la masse du support	39
2.3.3. Effet du pH de la solution	40
Chapitre 03 : Résultats et Discussion	
3-1-Charactérisations des charbons actifs	42
3-1-1-Analyses physico-chimiques des charbons	42
➤ Humidité-Taux de cendre-Efficacité d'activation	42
➤ Le pH de point de charge nulle (pHpzc)	42
➤ Analyse MEB	43

➤ Analyse structurale par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier	44
3-2-TESTS D'ADSORPTION	45
3-2-1-Détermination du temps d'équilibre	46
3-2-2-Détermination de la masse optimale du support	46
3-2-3-Détermination de l'effet du pH de la solution	46
Conclusion	48
Références bibliographique	
Annexe	

Liste des figures

Figure 2.1. Marc de raisin avant et après le séchage.	32
Figure 2.2. Schéma du protocole expérimental de préparation de charbon actif à partir du marc de raisin.	34
Figure 2.3 : Effet du temps d'imprégnation	38
Figure 2.3 : Effet de la masse du support	39
Figure 2.4: Effet du pH de la solution	40
Figure 3.1 : Le pH de point de charge nulle pH_{pzc}	42
Figure 3.2: Image MEB du charbon actif activé par voie acide.	43
Figure 3.3 : Analyse structurale par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier	44
Figure 3.4 : Détermination du temps d'équilibre	45
Figure 3-5 : Détermination de la masse optimale du support	46
Figure 3-6 : Détermination de l'effet du pH de la solution	46

Liste des tableaux

Tableau 1.1: Les différents types d'adsorbants	20
Tableau 1.2: Classification de la taille des différents pores selon l'IUPAC	24
Tableau 2 : Les caractéristiques de pollution ont traité	31
Tableau 3.1 : Humidité-Taux de cendre-Efficacité d'activation	42

LISTE DES ABREVIATIONS

CA:Charbonactif

CC :Charbon conventionel

CF : Coliformes fécaux

CT : Coliforme totaux

DBO: Lademandebiochimique en oxygène

DCO:Lademandechimiqueenoxygène

g:Gramme

h:Heure

HCl : l'acide chlorhydrique

IR: Infrarouge

MES :Matières en suspension

min :Minute

NaOH: Hydroxyde de Sodium

nm: Nanomètre

pH: Le potentiel hydrogène

pHpzc: pH nulle

OMS:organisation mondiale de la santé

IRTF:la Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier.

MEB: Microscope électronique à balayage.

Introduction générale

Introduction générale

Introduction :

La préservation de l'environnement est une problématique qui ne cesse de prendre de l'ampleur à l'échelle planétaire, en effet actuellement elle constitue une préoccupation majeure au niveau mondial non seulement en raison des problèmes classiques et connus de puis fort longtemps que sont l'épuisement des ressources naturelles et la pollution de plus en plus croissante des différents écosystèmes, mais aussi et surtout en raison des effets du réchauffement climatique qui se font de plus en plus ressentir et qui touchent toutes les régions du monde, c'est ainsi que parmi ces effets on compte la raréfaction des ressources en eau, provoquée par les périodes de sécheresse de plus en plus longue, il s'avère ainsi nécessaire de préserver les ressources en eau mais aussi de mobiliser des ressources supplémentaires et non conventionnelles comme les eaux usées épurées ou encore les eaux de mer dessalées, l'Algérie et pour faire face à cette problématique à d'ores et déjà réalisé ces dernières années un certain nombre de stations de dessalement des eaux de mer qui contribuent actuellement à alimenter la population en eau potable, néanmoins le problème de raréfaction de l'eau bien que moins aigue qu'auparavant demeure omniprésent surtout en été, il est ainsi important de mobiliser d'autres ressources notamment pour satisfaire les besoins du secteur agricole, pour cela l'utilisation des eaux usées épurées nous semble être une perspective des plus intéressantes d'autant plus que l'Algérie dispose d'un parc important de stations d'épuration des eaux usées.

Notre étude consiste à appliquer un traitement d'affinage (traitement quaternaire) de l'eau épurée de la station de Chenoua dans la wilaya de Tipaza, et ce par l'utilisation d'un charbon actif lui même produit à partir d'un déchet de l'industrie de la viticulture qu'est le marc de raisin, ce traitement permettrait l'amélioration de la qualité de cette eau afin de l'utiliser à grande échelle dans le secteur agricole, c'est ainsi que cette étude ambitieuse non seulement de contribuer à mobiliser des ressources en eau supplémentaires pour un secteur grand consommateur qu'est l'agriculture mais aussi de recycler, récupérer et valoriser un déchet très polluants générés chaque année en automne.

Le premier chapitre présente une étude bibliographique sur les procédés d'épurations des eaux.

Dans **le deuxième chapitre** de ce travail, nous présenterons tout d'abord la description du mode de synthèse des charbons actifs par la méthode d'activation chimique avec différents agents chimiques puis la caractérisation physico-chimique, structurale, spectroscopique et texturale des différents adsorbants.

L'étude expérimentale de l'adsorption sur les charbons actifs synthétisés

troisième chapitre.

Nous avons étudié l'influence de certains paramètres du milieu aqueux, la masse de l'adsorbant et le temps et le PH et nous terminons par une conclusion générale.

Chapitre 01

Partie bibliographique

Chapitre 01 : partie bibliographique

1. Les eaux usées :

1.1. Définition :

Les eaux usées sont fréquemment appelées eaux d'égout. Il s'agit par exemple d'eaux qui ont été lissées pour le lavage et le nettoyage dans les maisons, ou encore dans certains procédés de fabrication.

Les eaux usées sont constituées d'eau à 99%, le reste étant composé de déchets tels que les déchets organiques et les détergents.

Une personne consomme en moyenne 150 à 200 litres d'eau potable par jour, une fois utilisée, elle devient de l'eau usée [1].

1.2. Origine :

L'effluent entrant en station d'épuration est dénommé "eaux usées", il peut se composer de quatre types d'effluents différents dont l'importance relative est en fonction notamment du site (collectivités et industries), du type de réseau, ou encore de l'état du réseau [2].

1.3. Types des eaux usées :

➤ Domestiques :

Les eaux usées domestiques sont des eaux ménagères. A ces eaux fortement polluées s'ajoutent, (selon le type de réseau séparatif ou pseudo-séparatif, ou unitaire), des eaux moins polluées qui peuvent provenir des toitures, de drainage, de cours, de sous-sol et garage.

➤ Industriels :

Qui sont issues d'activités industrielles, telles que les eaux de refroidissement, ou encore les effluents résultant du processus utilisé.

➤ Agricole :

L'agriculture constitue la première cause de pollution diffuse. Les pollutions d'origine agricole englobent à la fois celles qui ont trait aux cultures (pesticides et engrais) et celles qui ont trait à l'élevage (lisiers et purins).

a. Les effluents d'origine naturelle:

La teneur de l'eau en substances indésirables peut être le fait de l'activité de certains

Chapitre 01 : partie bibliographique

phénomènes naturels tels que les irrptions volcaniques ,ou encore le contact de l'eau avec les gisements minéraux,).

2-3- Composition :

La composition des eaux usées est extrêmement variable en fonction de leur origine(industrielle, domestique, etc.). Elles peuvent contenir de nombreuses substances, sous forme solide ou dissoute, ainsi que de nombreux micro-organismes : les bactéries, les virus ,les protozoaires et les helminthes [3], des matières en suspension, des éléments traces minéraux ou organiques, et des substances nutritives [4].

2. La Pollution

La pollution, peut être définie comme étant la dégradation d'un milieu naturel par l'introduction directe ou indirecte, généralement humaine, de substances ou de radiations altérant de manière plus ou moins importante le fonctionnement des écosystèmes. Les conséquences des phénomènes géologiques telle que l'éruption volcanique, peuvent être à l'origine de la pollution [5].

2.1. Origine :

➤ La pollution humaine

Les pollutions d'origine humaine, dites aussi anthropiques, ont de nombreuses formes, elles peuvent être volontaires, involontaires (accidentelles), locales, ponctuelles, diffuses, chroniques, ou encore génétiques (Organismes génétiquement modifiés).

Cette pollution se produit suite à une diffusion directe ou indirecte de substances polluantes dans l'environnement, On peut citer à titre d'exemple les sous-produits dus à une activité humaine, comme les émissions des pots d'échappement des véhicules, ou encore les emballages de produits de consommation courante jetés sans précautions dans l'environnement, et qui constituent une source dépollution très fréquente [5].

➤ La pollution d'origine naturelle

La pollution d'origine naturelle peut être due :

Chapitre 01 : partie bibliographique

Aux conséquences directes ou indirectes de catastrophes naturelles, tels que les

- volcans, les orages, les tremblements de terre.
- A des phénomènes naturels, tels que les éruptions solaires.
- À la production de toxines lors du phénomène d'efflorescence algale, qui est due à une augmentation rapide de la concentration d'une ou plusieurs espèces de phytoplancton dans l'océan et se traduit par une coloration de l'eau en rouge, brun, brun-jaune ou vert. Ce phénomène peut être naturel ou favorisé par des pollutions terrigènes (nitrates, phosphates) [5] .

2.2.Types de pollutions :

On peut classer les types de pollution soit selon le milieu environnemental soit selon l'agent polluant. Il existe trois types de pollutions [6] :

➤ **La pollution de l'air**

La pollution de l'air, provoquée par le rejet dans l'air des polluants dit atmosphériques tels que des gaz ou des microparticules, cette pollution est plus délicate à réglementer efficacement dans un cadre local ou national.

Il existe néanmoins des conventions mondiales qui concernent les polluants destructeurs de la couche d'ozone ou les gaz à effet de serre, tous capables de modifier le fonctionnement planétaire avec notamment des effets sur le climat.

La pollution de l'air intègre également la pollution biologique induite par des taux anormaux de microbes, virus, pollens ou de spores fongiques, les effets allergènes (rhinite, conjonctivite, asthme) de ces particules biologiques sont en augmentation, et ils semblent souvent exacerbés par les polluants sur les transports (gaz d'échappement des véhicules, fumées).

• **La pollution des sols**

La pollution du sol est la contamination du sol par des agents polluants, elle peut être diffuse ou locale, d'origine industrielle ou agricole (suite à l'utilisation massive d'engrais ou de pesticides qui s'infiltrent dans les sols). Ces pollutions peuvent avoir plusieurs impacts sur la santé humaine, notamment en touchant les nappes phréatiques

Chapitre 01 : partie bibliographique

et en contaminant les cultures par bioaccumulation.

- **La pollution de l'eau**

La pollution de l'eau peut avoir diverses origines parmi les quelles:

- L'industrie: dont les rejets sont une des sources de pollution de l'eau parmi les plus importantes . Il s'agit essentiellement de produits chimiques et d'hydrocarbures.
- Les eaux usées domestique : issues des ménages ,telles que les eaux de lavage et les eaux des sanitaires.

Les eaux usées si elles ne sont pas traitées correctement peuvent être une source de pollution de l'eau, dans des pays développés comme en France des législations ont été missent place obligeant à un traitement des eaux usées, ce type de pollution devient donc de moins important.

- **La pollution physique**

On parle de ce type de pollution quand le milieu pollué est modifié dans sa structure physique par divers facteurs. Elle regroupe, la pollution thermique (réchauffement de l'eau par exemple par les rejets des usines) et la pollution nucléaire (retombées de radioéléments issus des explosions d'armes nucléaires, résidus des usines atomiques et accidents nucléaires) [5].

- **La pollution chimique**

Elle est due au déversement des rejets industriels apportant de grandes quantités des substances chimiques dont certaines sont non dégradables [5].

- **La pollution biologique**

Il s'agit de la pollution par les micro-organismes (bactéries, virus, parasites, champignons, etc.)[5].

2-3-2- Les paramètres physico-chimiques

Les eaux usées sont des milieux extrêmement complexes, aussi se réfère-t-on à quelques

Chapitre 01 : partie bibliographique

paramètres pour les caractériser.

a. La température

La connaissance de la température est essentielle pour les réactions physicochimiques et biologiques régies par leurs caractéristiques thermodynamiques et cinétiques .A titre d'exemple, la concentration à saturation de l'oxygène dissous, plus l'eau est chaude et plus sa concentration limite diminue, le pH et la conductivité dépendent également de la température de même que les processus de biodégradation [7].

b. L'odeur

L'eau d'égout fraîche a une odeur fade qui n'est pas désagréable, par contre en état de fermentation elle dégage une odeur nauséabonde[7].

c. La couleur

La coloration d'une eau peut être soit d'origine , naturelle ,soit associés à sa pollution(composé organiques colorés).La coloration d'une eau est donc très souvent synonyme de la présence de composés dissous et corrélativement la présence de soluté s induit une coloration qui ne se limite pas au seul domaine du visible [7].

d. Les matières en suspension

Il s'agit de matières non solubilisées .Elles comportent des matières organiques et des matières minérales [8].

e. Le potentiel hydrogène(pH)

Le pH est important pour la vie et le développement de la faune et de la flore existante dans les cours d'eau à noter que sa valeur peut être à l'origine de problèmes dans les canalisations(corrosion et dépôts calcaires) [7].

f. La conductivité :

La mesure de la conductivité électrique, paramètre non spécifique, est probablement l'une des plus simples pour le contrôle de la qualité des eaux usées,elle permet d'évaluer, approximativement la minéralisation globale de l'eau [7].

Chapitre 01 : partie bibliographique

g. L'oxygène dissous

L'oxygène est toujours présent dans l'eau. Sa solubilité est en fonction de la pression partielle dans l'atmosphère et de la salinité. La teneur de l'oxygène dans l'eau dépasse rarement 10mg/l. Elle est en fonction de l'origine de l'eau ; L'eau usée domestique peut contenir de 2 à 8mg/l [7].

1. La demande chimique en oxygène(DCO)

La demande chimique en oxygène, est la consommation en dioxygène pour oxyder les substances organiques et minérales de l'eau, c'est l'une des méthodes les plus utilisées pour évaluer la charge globale de la pollution d'une eau.

La DCO est d'autant plus élevée qu'il y a des corps oxydables dans le milieu. L'oxygène affecte pratiquement la totalité des matières organiques biodégradables et non biodégradables, elle est mesurée en mg d'O₂/l [7].

2. La demande biologique en oxygène(DBO)

La demande biochimique en oxygène est la quantité d'oxygène en mg/l consommé dans les conditions de l'essai de l'incubation à 20 °C et à l'obscurité pour assurer par voie biologique l'oxydation des matières organiques biodégradables présents dans l'eau usée[7].

2-3-2-3- Paramètres bactériologiques

Les bactéries sont couramment recherchées dans l'eau, principalement comme témoins de décontamination fécale [9].

L'OMS (1989) a choisi plusieurs témoins répondant à certaines exigences ; il s'agit des coliformes, des streptocoques fécaux du groupe D de LANCFIELD (1933), et parfois les Clostridium perfringens [8].

3. Traitement et épuration des eaux usées

Plusieurs niveaux de traitements des eaux sont définis selon le degré d'élimination de la pollution et les procédés mis en œuvre, il existe deux types de procédés d'épuration les procédés intensifs et les procédés extensifs.

Chapitre 01 : partie bibliographique

Les procédés intensifs sont pratiqués en station ils sont composés de plusieurs étapes à savoir les prétraitements, le traitement primaire et le traitement secondaire .Dans certains cas ,des traitements tertiaires et même quaternaires sont nécessaires ,notamment lorsque l'eau épurée doit être rejetée en milieu particulièrement sensible.

Une station d'épuration comporte généralement une phase de prétraitement, pendant laquelle les éléments les plus grossiers sont éliminés par dégrillage(pour les solides de grandes tailles),puis par flottaison/décantation (pour les sables et les graisses). Vient ensuite un traitement dit primaire, une décantation plus longue, pour éliminer une partie des matières en suspension(MES).Ce traitement est suivi d'un traitement secondaire composé de traitements physico-chimiques et/ou biologique sa fin d'éliminer la matière organique .Ils sont généralement suivis d'une phase de clarification qui est encore une décantation .En fin, un traitement des nitrates et des phosphates est exigé en fonction de la sensibilité du milieu récepteur.

Pour les procédés extensifs, on peut citer comme exemple le lagunage, qui combine des traitements biologiques ,physiques et naturels[10].

3-1- Les prétraitements des eaux usées

Les eaux brutes doivent généralement subir, avant leur traitement proprement dit,un prétraitement qui comporte un certain nombre d'opérations, uniquement physiques ou mécaniques [11].

Il est destiné à extraire de l'eau brute, la plus grande quantité possible d'éléments dont la nature ou la dimension constituer ont une gêne pour les traitements ultérieurs. Selon la nature des eaux à traiter et la conception des installations, le prétraitement peut comprendre les opérations : (le dégrillage), principalement pour les déchets volumineux, (le dessablage) pour les sables et graviers et (le dégraissage-déshuilage ou d'écumage-flottation) pour les huiles et les graisses.:

3-1-1- Dégrillage

Le dégrillage consiste à éliminer, par passage à travers une ou plusieurs grilles placées en série,les matières flottantes ou en suspension de grandes dimensions qui pourraient gêner le fonctionnement des pompes ou des appareils de traitement.

La grille doit être protégée par des barreaux espacés, évitant l'arrivée d'objets de grandes dimensions tels quelles bois flottants[12].

Chapitre 01 : partie bibliographique

3-1-2- Tamisage

Le tamisage est un dégrillage poussé, et consiste en une filtration sur toile mettant en œuvre des mailles de différentes dimensions. Il existe un macro- tamisage (mailles $> 0,3$ mm) et un micro tamisage (mailles $< 100\mu\text{m}$).

Le macro-tamisage est le stade le plus important et est destiné à retenir les matières en suspension flottantes (les débris végétaux, les herbes, les insectes, etc). La charge de la pollution est ainsi réduite et allège la station d'épuration. Une fois que la majorité des gros débris est éliminée ,l'eau dégrillée /tamisée est laissée «au repos» pour quelques minutes avant de passer aux traitements ultérieurs.

3-1-3- Dessablage

Le dessablage a pour but d'extraire des eaux brutes les graviers, les sables et les particules minérales plus ou moins fines, de façon à éviter les dépôts dans les canaux et conduites, ainsi pour protéger les pompes et autres appareils contre l'abrasion et à éviter de surcharger les stades de traitements ultérieurs en particulier les réacteurs biologiques. L'écoulement de l'eau, à une vitesse réduite, dans un bassin appelé "dessableur" entraîne leur dépôt au fond de l'ouvrage .Les sables récupérés, par aspiration, sont ensuite essorés, puis lavés avant d'être soit envoyés en décharge, soit réutilisés selon la qualité du lavage. Cette opération concerne les particules minérales de granulométrie supérieure à $100\mu\text{m}$ [13].

3-1-4- Dégraissage-déshuilages

Le déshuilage est une opération de séparation liquide-liquide, alors que le dégraissage est une opération de séparation solide liquide (à la condition que la température de l'eau soit suffisamment basse, pour permettre le figeage des graisses). Ces deux procédés visent à éliminer la présence des corps gras dans les eaux usées, qui peuvent gêner l'efficacité du traitement biologique qui intervient ensuite.

3-2- Traitement primaire

Le traitement "primaire" fait appel à des procédés physiques naturels, filtration et décantation plus ou moins aboutie, éventuellement assortie de procédés physicochimiques, tels que la coagulation-floculation.

Chapitre 01 : partie bibliographique

3-2-1- Décantation

3-2-1-1- La décantation physique naturelle

La décantation est un procédé qu'on utilise dans, pratiquement, toutes les usines d'épuration et de traitement des eaux. Son objectif est d'éliminer les particules dont la densité est supérieure à celle de l'eau par gravité. La vitesse de décantation est en fonction de la vitesse de chute des particules, qui elle-même est en fonction de divers autres paramètres parmi lesquels : grosseur et densité des particules.

La base de ces procédés de séparation solide liquide est la pesanteur. Les matières solides se déposent au fond d'un ouvrage appelé "décanteur" pour former les boues "primaires". Ces dernières sont récupérées au moyen de systèmes de raclage[14].

3-3- Traitement secondaire

Les traitements secondaires également appelés traitements biologiques visent à dégrader la matière organique biodégradable contenue dans l'eau à traiter. Des micro-organismes mis en contact avec l'eau polluée assimilent la matière organique qui leur sert de substrat de croissance. L'ensemble de la pollution avec les microorganismes vivants forme la liqueur mixte ou boue biologique contenue dans des bassins de traitement biologique. En règle générale, l'élimination complète de ces souches aérobies strictes ou facultatives. Plusieurs procédés existent à ce stade du traitement biologique.

Ce sont les procédés à culture en suspension ou procédés à boues activées, les procédés à culture fixée (disques biologiques rotatifs, lits bactériens, etc.), les procédés à décantation interne (lagunage), les techniques d'épandage –irrigation, etc.

3-3-1- Boues activées

Le traitement par boues activées est très largement utilisé. Il s'agit d'un réacteur qui contient les eaux à traiter, dans lequel est injectée une boue chargée de bactéries. Les bactéries consomment la matière organique et contribuent aussi à l'élimination de l'azote et du phosphore. A la sortie du réacteur, l'effluent passe dans un clarificateur. La boue décantée est séparée en deux flux : l'un rejoint le réacteur (ensemencement) et l'autre est évacué vers la filière des boues. L'action des bactéries dans le réacteur nécessite de l'oxygène.

Chapitre 01 : partie bibliographique

3-3-2- Cultures fixes

Leur principe de fonctionnement,quelques fois appelé filtre bactérien ou filtre percolateur,qui consiste à faire ruisseler l'eau à traiter, préalablement décantée, sur une masse de matériau de grande surface spécifique servant de support aux microorganismes épurateurs, qui y forment un feutrage ou un film plus ou moins épais ,sous lequel une couche anaérobie peut se développer sous la couche aérobie ,si son épaisseur est importante.

3-3-3- Lagunage

Le lagunage est un système biologique d'épuration extensive, qui consiste à déverser les eaux usées dans plusieurs bassins successifs de faible profondeur, où des phénomènes naturels de dégradation font intervenir la biomasse qui transforme la matière organique.

On désigne par lagunage ou bassin de stabilisation, toute dépression ou excavation naturelle ou artificielle dans laquelle s'écoulent naturellement ou artificiellement les eaux usées brutes ou décantées, pour ressortir, sans intervention extérieure d'aucune sorte, dans un état où elles ne risquent pas d'altérer la qualité du milieu récepteur.

On peut classer les lagunes en fonction de leur régime ou en fonction de leur place dans la filière épuratoire .On aura donc ,selon le premier critère ,des bassins de stabilisation:

- Anaérobie :sorte de pré-digesteur exposé à l'air;
- Aérobie: fonctionnant grâce à une association typique d'algues et de bactéries;
- Facultatifs :où la zone supérieure est aérobie et la zone inférieure anaérobie;On parle aussi, selon le deuxième critère,de:
 - Lagunage complet :lorsque l'installation est directement alimentée d'eau brute non décantée;
 - Lagunage secondaire :lorsque l'installation est alimentée d'eau décantée;
 - Lagunage tertiaire:pour une installation directement alimentée d'un effluent traité suivant un procédé conventionnel(boues activées ,lits bactériens,)[15].

3-3-4- Bio filtration

La filtration ou percolation consiste à traiter l'eau par l'intermédiaire du sol ou d'un

Chapitre 01 : partie bibliographique

massif filtrant. On filtre les effluents à raison de quelques centaines de litres d'effluent par mètre carré de massif filtrant et par jour.

3-3-4-1- La filtration des matières en suspension (MES)

Plus le sable est grossier, plus la fixation de MES se fera en profondeur. Les MES finissent par colmater le filtre. Pour lutter contre le bouchage du massif filtrant, il faut donc alterner phase de filtration et phase de séchage, l'élimination de MES permet également l'élimination des micro-organismes qui y sont fixés;

3-3-4-2- L'adsorption des bactéries libres par les grains de sable du filtre

Il se forme alors un film biologique contaminé, surtout dans la partie supérieure, ce film va permettre une dégradation microbienne de la matière organique et des substances dissoutes dans l'effluent (phosphates, nitrates, etc.). Cette dégradation consomme de l'O₂ et produit du CO₂, il faut donc aérer irrégulièrement le film pour éviter l'asphyxie du milieu.

Les techniques de filtration par percolation permettent l'élimination des «gros» micro-organismes (protozoaires, helminthes) par filtration et adsorption au début du massif filtrant. L'élimination

des virus et des bactéries est fonction du milieu poreux, de la vitesse de percolation, de l'épaisseur du massif filtrant et du niveau d'oxydation de l'eau filtrée.

3-3-4-3- filtration par le sol et les plantes (filtres plantés)

Les rivières, ont été de puis toujours le réceptacle naturel de la pollution engendrée par l'activité humaine. Les techniques mises en œuvre dans les stations d'épuration des eaux résiduaires urbaines, ne constituent qu'une optimisation de l'auto épuration naturelle qui s'exerce

Plusieurs chercheurs proposent une épuration par les procédés de type extensif qui sont des systèmes d'épuration d'eaux usées par voie naturelle (ou zones humides artificielles), dont le plus connu est le lagunage à microphytes et à macrophytes (bassin de stabilisation, bassin facultatif ou bassin de maturation). Ce système est expérimenté depuis la première moitié du siècle sous climat tempéré et présente de nombreuses possibilités d'adaptation au climat des pays en développement qui est généralement chaud et donc favorable à l'activité bactérienne dont dépend son bon fonctionnement.

Chapitre 01 : partie bibliographique

3-4- Traitement tertiaire

Les traitements tertiaires souvent considérés comme facultatif ou complémentaire permettent d'affiner ou d'améliorer le traitement secondaire. De telles opérations sont nécessaires pour assurer une protection complémentaire de l'environnement récepteur ou une réutilisation de l'effluent en agriculture ou en industrie. Les traitements tertiaires visent à améliorer la qualité générale de l'eau. Leur utilisation s'impose lorsque la nature des milieux récepteurs recevant l'eau dépolluée l'exige. On y distingue généralement les opérations suivantes:

- La nitrification (oxydation de l'ammoniaque en nitrite puis en nitrate);
- Dénitrification et déphosphoration biologique ou mixte (biologique et physico-chimique) pour éliminer les nitrates et le phosphore;
- La désinfection bactériologique et virologique;
- Neutralisation;
- Précipitation;

3-4-1- Neutralisation

Le traitement des eaux par neutralisation consiste à appliquer à l'eau un traitement destiné à lui rendre un pH neutre. Un pH neutre se situe autour de 7, et le traitement s'applique le plus souvent sur des eaux trop acides (dont le pH est inférieur à 7). Une eau trop acide peut avoir des conséquences sur la santé mais également sur le matériel (corrosion des éléments dans les quels l'eau circule).

Le procédé de neutralisation utilise un filtre contenant du calcaire, à travers le quel on fait passer l'eau. Le calcaire a pour propriété chimique de neutraliser le gaz carbonique (responsable de l'acidité) dissout dans l'eau. Dès lors, l'eau retrouve un pH neutre. La neutralisation peut aussi être utilisée sur des eaux rejetées par l'industrie avant d'être dirigée vers des stations d'épuration pour y subir d'autres traitements dépolluants [16].

3-4-2- Précipitation

Elle concerne l'élimination des métaux dissous rencontrés principalement dans les effluents industriels du traitement des surfaces métalliques, des lixiviats d'hydrométallurgie et des eaux de lavage de gaz de combustion d'ordures ménagères et de déchets industriels.

Chapitre 01 : partie bibliographique

Il existe différents types de précipitations : les précipitations convectives, les précipitations orographiques et les précipitations frontales.

3-4-3- Procèdes de désinfection

Le choix d'un moyen de désinfection se fait normalement en considérant les contraintes techniques, économiques et environnementales qu'il présente .En ce sens, le mode de désinfection idéal est celui qui regroupe les caractéristiques suivantes :

- Efficacité contre la plupart des micro-organismes pathogènes sous différentes conditions ;
- Absence de sous-produits indésirables formés à la suite des on utilisation;
- Produit non dangereux pour les humains et pour la vie aquatique;
- Facilité d'utilisation;
- Faibles coûts d'investissement et d'exploitation.

Il existe plusieurs moyens pour désinfecter les eaux usées ,mais les seuls couramment utilisés aujourd'hui sont:

3-4-3-1- La chloration

Le chlore est un agent oxydant fort qui réagit facilement avec plusieurs substances organiques et inorganiques trouvées dans les eaux usées. Il est particulièrement efficace pour détruire les bactéries, mais moins efficace contre les virus. Aux fins de désinfection, le chlore est utilisé sous les formes suivantes : chlore gazeux, hypochlorite de sodium (eau de javel) et bioxyde de chlore.

Au plan économique, il s'agit d'une technologie dont les coûts sont bien connus et les plus faibles parmi toutes les techniques éprouvées.

Au plan de la sécurité, la manipulation du chlore, notamment sous forme gazeuse, nécessite d'importantes mesures de protection pour le personnel de la station d'épuration et constitue un risque pour la sécurité publique lors du transport.

Chapitre 01 : partie bibliographique

Enfin, au plan environnemental, la désinfection des eaux usées au chlore peut avoir un impact significatif sur la vie aquatique à cause de la toxicité, aiguë et chronique, du chlorerésiduel. de plus ,le chlore réagit avec certaines matières organiques contenues dans les eaux usées ,même traitées ,pour former des sous produits organochlorés ,dont certains sont potentiellement cancérigènes [17]

Chapitre 01 : partie bibliographique

4- L'adsorption et charbon actif

4-1- Définition de l'adsorption

L'adsorption est un phénomène inter facial où des molécules d'une espèce appelée adsorbat (gaz ou liquide) viennent se fixer sur la surface d'un solide, appelé adsorbant, donc tout atome ou molécule qui s'approche d'une surface subit une attraction qui peut conduire à la formation d'une liaison entre la particule et la surface.

Ce phénomène s'appelle «l'adsorption».[18]

L'adsorption est l'un des moyens mis à la disposition du traiteur d'eau pour éliminer les matières organiques non dégradables dissoutes, extraites de la phase liquide dans laquelle ils sont immergés ainsi que l'élimination des métaux lourds qui peuvent être dissouts dans l'eau. [19]

4-2- Les types d'adsorption

4-2-1- Adsorption Physique

L'adsorption physique ou physisorption est un phénomène physique qui met en jeu de faibles interactions entre entités moléculaires comme les forces d'attraction de van der Waalset des forces dues aux interactions électrostatiques de polarisation. L'adsorption physique est un phénomène réversible, peu spécifique, rapide et généralement limitée par les phénomènes de diffusion.

La force des interactions mises en jeu peut être estimée par l'énergie d'adsorption physique qui est comprise entre 5 et 40 kJ .mol⁻¹ et considérée comme faible. L'adsorption physique est donc favorisée par une baisse de la température et peut se faire en mono couche ou multicouches. [20]

4-2-2- Adsorption Chimique

L'adsorption chimique ou chimisorption est une adsorption qui met en jeu des énergies de liaison importantes. Elle résulte d'une interaction chimique entre les molécules d'adsorbant composant la surface du solide et les molécules de soluté. Les

Chapitre 01 : partie bibliographique

molécules adsorbées subissent, généralement des changements dans leurs structures chimiques.[21]

L'adsorption chimique résulte d'une interaction chimique qui se traduit par un transfert d'électrons entre le solide et l'adsorbat. Il y a alors formation d'un composé chimique à la surface de l'adsorbant. Ce type d'adsorption se développe à haute température et met en jeu une enthalpie de transformation élevée. [22]

4-3- Le mécanisme d'adsorption

Au cours de l'adsorption d'une espèce sur un solide, le transfert de masse des molécules se fait de la phase fluide vers l'adsorbant. Ce processus s'opère au sein d'un grain d'adsorbant en trois étapes :

- ✓ Diffusion externe : elle correspond au transfert du soluté (molécules de la Phase liquide) du sein de la solution à la surface externe des particules.
- ✓ Diffusion interne : Les particules de fluide pénètrent à l'intérieur des pores. Elle dépend du gradient de concentration du soluté.
- ✓ Diffusion de surface: elle correspond à la fixation des molécules sur la surface des pores.

4-4- Facteurs influençant l'adsorption

L'équilibre d'adsorption, dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont décrits ci-après : Surfaces spécifique ; Porosité ; Nature de l'adsorbat ; Polarité ; pH ; Température.[23]

4-4-1- Température

L'adsorption physique s'effectue à des basses températures (phénomène exothermique), alors que l'adsorption chimique demande des températures plus élevées (phénomène endothermique).[24]

4-4-2- Influence du pH

Le pH est un facteur important dans toute étude d'adsorption du fait qu'il peut influencer à la fois la structure de l'adsorbant et de l'adsorbât ainsi que le

Chapitre 01 : partie bibliographique

mécanisme d'adsorption.[25]

4-4-3- Surface spécifique

Plus la surface spécifique est grande , plus on aura une meilleure adsorption.[26]

4-4-4- Solubilité de l'adsorbat

La solubilité d'un adsorbat joue un rôle important lors des on adsorption.

Plus la solubilité est grande ,plus faible sera l'adsorption On a constaté que Les capacités d'adsorption suivent l'ordre inverse des solubilités.

4-4-5- Polarité

Un soluté polaire aura plus d'affinité pour un solvant ou pour l'adsorbant polaire.

Il faut que l'adsorbant et l'adsorbat soient de polarité voisine.

4-4-6- Structure moléculaire de l'adsorbat

Plus la structure moléculaire des particules à fixer est grande, plus le remplissage des pores s'effectue rapidement et la saturation est atteinte avec des rendements faibles.

4-4-7- Isothermes d'adsorption

L'examen d'un grand nombre des résultats publiés par différents chercheurs a permis :en1940à BRUNUVER ,DEMING et TELLER de proposer cinq types d'isotherme.

Une méthode relativement simple pour mettre en évidence le pouvoir adsorbant d'un matériau vis-à-vis d'une substance consiste à établir l'isotherme d'adsorption, c'est-à-dire à obtenir la quantité adsorbée en fonction de la concentration (ou de la pression partielle) du polluant dans le fluide à traiter. La capacité d'adsorption est fonction, non seulement de la concentration mais également de la nature du polluant.[27]

L'allure de la courbe isotherme varie selon le couple adsorbat adsorbant étudié, les isothermes d'adsorption des solutés à solubilité limitée ont été classées par Giles et *al.*(1960).[28]

Chapitre 01 : partie bibliographique

4-5- Définition d'un adsorbant

Les adsorbants sont des solides microporeux présentant des surfaces par unité de masse importantes (de $100\text{m}^2/\text{g}$ et jusqu'à ou plus de $1000\text{m}^2/\text{g}$) donc ils sont caractérisés par leurs propriétés extérieures telles que leur surface spécifique et leur porosité.[29]

Une importante surface spécifique est préférable pour avoir une grande capacité d'adsorption. La taille des micropores détermine l'accessibilité des molécules adsorbées à la surface interne d'adsorbant, il est donc possible de caractériser les adsorbants par la distribution de la taille des pores, et donc de choisir tel ou tel adsorbant pour une séparation particulière.[30]

4-5-1- Structure de l'adsorbant

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

4-5-2- Principaux types d'adsorbants

Les principaux adsorbants employés dans l'industrie sont : les charbons actifs, les zéolithes, les gels de silices, les alumines activées dont les caractéristiques sont récapitulées dans le tableau ci –après :

Chapitre 01 : partie bibliographique

Tableau 1-1: Les différents types d'adsorbants [29].

	Caractéristiques	
	Origine(précurseur)	Méthode d'obtention et principales caractéristiques
Les charbons actifs	-Charbon ou matériau végétal.	- Préparés par l'activation acide. - plusieurs centaines de qualités suivant le précurseur et les conditions de traitement
Les zéolithes	-Aluminosilicates cristallisés microporeux de formule globale($AlO_2M_n SiO_2$). (Mestunmétal alcalin ou alcalino-terreux, $n \geq 1$).	- Cristaux de synthèse. - plus de 100 espèces différentes par la valeur de n et la structure cristallographique.
Les alumines activées	$Al_2O_3, 0,5 H_2O$.	-produit de synthèse. - Surface couverte de groupements AlOH - Adsorption préférentielle par liaison hydrogène. - adsorbants amorphes, moyennement polaire et hydrophiles. - surface spécifique 150 à $300 m^2/g$.
Les gels de silice	$(SiO_2)_n, (H_2O)_x$	- procédé hydrothermal.(formation du $[Si(OH)_4]$ puis polycondensation progressive) - surface couverte de groupements SiOH. - Adsorption préférentielle par liaison hydrogène. - surface spécifique 350 à $800 m^2/g$.
Le noir animal	Os d'animaux	- Carbonisation en absence d'air - surface spécifique de l'ordre de $120 m^2/g$.
Les argiles activées	Des aluminosilicates de formule brute proche des zéolithes.	- produits naturels, utilisés surtout pour l'échange. Structure cristalline différente de celle des Zéolithes.

Chapitre 01 : partie bibliographique

4-5-3- Critères du choix d'un adsorbant

- ✓ La caractérisation complète d'un adsorbant pourrait se concevoir comme la connaissance de quatre entités.
- ✓ La surface spécifique.
- ✓ La distribution de tailles des grains.
- ✓ Le facteur de forme ou de rugosité.
- ✓ La distribution des tailles de pores.

4-5-4- Transformation d'un matériel végétale charbon actif

4-5-4-1- Marc de raisin

Les marcs de raisins, les bourbes et les lies de fermentation sont les sous-produits dérivés de la vinification. Les bourbes sont les résidus issus du stockage des moûts de raisins. Les liessont principalement formées de levures et de particules solides accumulées au fond des contenants de fermentation ou des tockage. Les marcs de raisins sont constitués essentiellement de pellicules, de pépins et de rafles, restant après l'étape de pressurage des raisins blancs ou rouges. Ils constituent environ 20% du poids des raisins utilisés pour la vinification, ce qui génère presque 9 millions de tonnes par an. En France, la production annuelle de marc de raisin est actuellement d'environ 700000 tonnes et sa collecte est organisée pour le transport depuis les exploitations viticoles vers les distilleries [31].

➤ Valorisation des marcs de raisins

Pendant des décennies, la valorisation des marcs de raisins a été minime, avec de grandes quantités abandonnées dans les terrains. En effet, les vendanges sont réalisées sur une période très courte, ce qui amplifie la concentration des sous produits générés dans la zone de décharge (déchets). Ce ci peut être préjudiciable à l'environnement, en raison de l'accumulation de composés phénoliques et de tanins qui abaissent le Ph du marc provoquant ainsi une résistance accrue à sa dégradation biologique. Actuellement ,le marc est utilisé comme amendements et engrais organiques, son contenu phénolique richement bioactif est extrait pour ses propriétés anti-oxydantes,

Chapitre 01 : partie bibliographique

Anti inflammatoires ,antimicrobiennes , anti mutagènes et anti cancéreuses .D'autres voies d'utilisation sont également possibles , notamment pour la production de tartrate de chaux, d'alcool, d'huile, de colorants naturels, etc.

Les méthodes de valorisation actuelles du marc de raisin sont insatisfaisantes et ne peuvent absorber qu'une faible proportion des déchets générés [31].

4-5-4-2- Charbon actif

Le charbon actif est le produit adsorbant le plus utilisé industriellement. Il est considéré par l'US Environmental Protection Agency comme une des meilleures technologies de « control environnemental ».obtenu à partir de matières premières riches en carbone (le bois la tourbe, le charbon, le lignite, l'Éco rcedecoco...).

Toutes matières premières organique qui contient du carbone, est a priori susceptible de convenir pour l'obtention de charbon actif. Le choix de la matière première sera essentiellement dépendant des possibilités d'approvisionnement locales permettant des prix de revient compétitifs. Néanmoins, les matières premières utilisées conditionneront en grande partie la qualité finale du charbon actif. Une fois ces matières premières sélectionnées, elles sont activées physiquement ou chimiquement dans des fours d'activation. Par cette activation on obtient, une structure de carbone hautement poreuse et très active[32].

4-5-4-2-1- Matières premières

La fabrication du charbon actif passe nécessairement par l'identification et le choix de la matière première. Les matières premières peuvent être obtenues à partir d'un grand nombre de matériaux contenant le carbone d'origine végétale ou animale [32].

Origine végétale : Il existe une multitude de produits d'origine végétale qui peuvent être utilisés dans la synthèse des charbons actifs et sous différentes formes:

- Déchets agricoles non utilisables exemple : Noyaux de fruit, coque de noix de coco ,Bagasse de canne à sucre.
- Paille et enveloppes de céréales exemple: blé et riz.
- Arbre sous forme de copeaux ou de sciure de bois exemple : Bouleau, chêne, eucalyptus ,Lignite.

Chapitre 01 : partie bibliographique

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

4-5-4-2-2- Description et Propriété des charbons actifs

4-5-4-2-2-1- Description du charbon actif(CA)

Ils se présentent sous plusieurs formes selon les applications[32]:

- **Charbon actif en poudre(CAP)**

Le charbon actif est pulvérisé en fines particules de taille comprise entre 1 et 100 μm . Il est généralement issu du procédé de fabrication chimique et est fréquemment utilisé pour le traitement d'effluents liquides.

- **Charbon actif en grain (CAG)**

Le charbon actif en grain ou en granulé CAG est formé de particules de 0,5 à 10 mm. Les caractéristiques physiques des granulés de charbon actifs varient considérablement selon les produits. Les granulés utilisés pour le traitement des gaz proviennent essentiellement d'une activation physique.

4-5-4-2-3- propriétés du charbon actif

a. Structure du charbon actif

L'IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) classe les charbons actifs en fonction de la taille des pores, ainsi les charbons actifs sont répartis en 3 groupes donnés dans le tableau suivant [32]:

Chapitre 01 : partie bibliographique

Tableau1.2:Classification de la taille des différents pores selon l'IUPAC.

Pores	Diamètre(nm)	Volume poreux (cm ³ /g)
Macropores	Supérieur à 50	0,2 -0,8
Mésopores	Comprise entre 2-50	0,02 -0,1
Micropores	Inférieur à 2	0,2 -0,6

b. Activation d'un précurseur

L'activation est un processus dans lequel les particules carbonisées sont exposées à un agent activant à haute température, l'activation permet d'augmenter le volume et, dans une certaine mesure, d'élargir les pores créés durant le processus de pyrolyse. La nature du matériau de départ ainsi que les conditions de pyrolyse prédéterminent la structure et la largeur des pores[32].

❖ L'activation physique

L'activation physique consiste en une oxydation à haute température (750-1000 °C) du carbonisation par un agent oxydant gazeux. Les gaz utilisés, seuls ou en mélange, faiblement oxydant, sont la vapeur d'eau et le dioxyde de carbone. Le niveau de température joue un rôle important dans le processus d'activation. En effet, à basse température, la cinétique d'oxydation est faible et l'activation conduit à une distribution de la taille de pore homogène dans tout le volume du matériau. Quand la température augmente, la vitesse de réaction croît plus rapidement que la diffusion du gaz oxydant. Le procédé est donc limité par le transport du gaz oxydant au sein du matériau, ce qui conduit à une perte d'homogénéité de la porosité [33].

❖ L'activation chimique

L'activation chimique est une activation en phase liquide : le matériau traité préalablement est imprégné par l'agent activant puis pyrolyse sous atmosphère inerte. Les agents utilisés sont: H₃PO₄, ZnCl₂, KOH, ...etc.

Chapitre 01 : partie bibliographique

La carbonisation et l'activation proprement dite sont réunies en une seule étape. Elle ne nécessite qu'un seul traitement thermique à des températures comprises entre 400 et 800°C, valeurs inférieures aux températures usuelles d'activation physique. L'agent activant, le taux d'imprégnation, la température et la durée de l'activation sont les principaux paramètres de l'activation chimique, ils conditionnent les propriétés des charbons obtenus en termes de volume poreux, de répartition de taille de pore et de composition chimique de la surface. Le contrôle de tous ces paramètres et la détermination de leur impact respectifs sur les propriétés finales du produit activé ne sont pas aisés ; les caractéristiques chimiques et texturales des charbons activés chimiquement ont en réalité difficilement prévisibles. L'acide phosphorique, le chlorure de zinc et l'acide sulfurique comptent parmi les agents d'activation chimiques les plus utilisés [34].

❖ La pyrolyse

La pyrolyse ou la carbonisation est un craquage thermique sans produits oxydants. La quantité, la composition et les propriétés des produits de la pyrolyse diffèrent en fonction des paramètres opératoires, en particulier de la température et de la vitesse de chauffage. D'après les études d'Elena Fernandez. La pyrolyse est une étape nécessaire pour transformer la matière en carbone. Le charbon issu de la matière organique d'origine végétale est très caractéristique : c'est une matière fibreuse qui présente une infinité de pores (diamètre de quelques Angströms) obstrués par la matière organique. Pour être transformée en charbon actif, on chauffe à de très haute température entre 400 et 1000°C. La matière organique est détruite et on obtient un squelette carbone qui lui possède des propriétés particulières[35].

4-5-4-2-3- Régénération recyclage

Lorsqu'ils sont utilisés en tant qu'adsorbant, les CA se saturent progressivement et finissent par ne plus pouvoir fixer les molécules à leur surface. Afin de valoriser au mieux ces matériaux et ne pas en faire un déchet ultime, il apparaît donc important de pouvoir le régénérer de façon à ce qu'il puisse retrouver ses propriétés initiales d'adsorbant. Il existe un certain nombre de techniques de régénération du CA:

- Thermique, à la vapeur d'eau;

Chapitre 01 : partie bibliographique

- Chimique (extraction par solvant, par fluide supercritique ou décomposition des adsorbats par des agents oxydants ou réducteurs);
- Electrochimique;
- Biologique.

Il est aussi important de penser à recycler les CA quand à un moment ils ne peuvent plus être régénérés, afin qu'ils puissent servir de nouveau pour la fabrication de nouveaux charbons ou pour servir de compost ou qu'ils soient complètement incinéré en respectant les normes environnementales. Comme technique de recyclage, l'utilisation d'un séparateur électrostatique ou la méthode de dégradation électrochimique peut être également envisagée[36].

Chapitre 02

Méthodes et caractérisations

Chapitre 02 : méthodes et caractérisation

2.1. Présentation de la STEP de CHENOUA

La station d'épuration des eaux de la ville de Tipaza est administrativement localisée dans la daïra et la wilaya de Tipaza. Mise en service en janvier 2008, la STEP a pour mission de collecter et d'épurer les eaux usées urbaines et domestiques des communes de Tipaza et Nador, sa capacité de traitement est 10500 m³/j 70000 eq/hab.

Les caractéristiques de l'eau à traiter sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 2.1 :Les caractéristiques de pollution ont traité.

Paramètres	Caractéristiques
Volume journalier	11200m ³ /j
Débit moyen 24h	467m ³ /h
Débit de pointe temps sec	803m ³ /h
DBO ₅ journalières	4200kg/j soit 375mg/l
MES journalières	4900kg/j soit 438mg/l
SDBO (DBO soluble)	187mg/l
PH	Entre 6.5 et 8.5
DCO totale	825mg/l
DCO biodégradable	600mg/l
DCO soluble	305mg/l
DCO biodégradable immédiatement	140mg/l
NTK	40mg/l
P totale	10mg/l
Température	20°C

- **Techniques d'épuration de la STEP de CHENOUA**

La filière eau du traitement compte les étapes suivantes :

- Arrivée des eaux, by-pass en cas d'orage vers l'Oued, à partir du regard. Amont au poste de relevage de la station.
- Dégrillage grossier, relevage, dégrillage fin.
- Dessablage et dégraissage déshuilage.
- Traitement biologique.

Chapitre 02 : méthodes et caractérisation

2.2. Matériel utilisé :

Nous avons utilisé le marc de raisin broyé extrait à partir d'une biomasse végétale (déchet de l'industrie de production de vin) (Office Nationale de Commercialisation des Produits Viticoles) Unité de Bourkika.

La verrerie, l'appareillage et les réactifs utilisés sont mentionnés dans l'Annexe A.

2.3. Méthodes d'étude :

2.3.1. Préparation d'adsorbant (Charbon actif de marc de raisin)

❖ Préparation du produit brut

Le marc de raisin est lavé avec de l'eau distillée à la température ambiante, et complètement séché à 110°C pendant 24 h. Après ces opérations on constate une perte de produit (le poids initial diminue d'environ 10%), le marc de raisin est ensuite écrasé et tamisé (0,045mm).



Figure 2.1 : Marc de raisin avant et après le séchage.

❖ Activation du charbon actif

Pour commencer la préparation du charbon on utilise une solution de H_3PO_4 à 40% et une solution de HCL à 0,1 N. Le marc de raisin préalablement traité subit ensuite une activation chimique par un agent déshydratant, à savoir l'acide phosphorique H_3PO_4 dont la pureté est de 40%.

Le matériau est imprégné dans la solution de l'acide phosphorique H_3PO_4 à

Chapitre 02 : méthodes et caractérisation

40% pendant 2h30min (à une température de 170°C) ; Après filtration et séchage, le matériau est pyrolyse à 700°C pendant 3 heures dans un four à moufle de laboratoire (NABERTHERMN3P) puis lavé avec HCl (0,1N) suivi de plusieurs rinçages avec de l'eau distillée jusqu'à pH neutre.

Le charbon obtenu est ensuite séché à l'étuve à 110°C pendant une nuit. Les particules de charbon obtenues sont par la suite tamisées à une granulométrie de 200 µm. Finalement, le charbon actif sera stocké dans des récipients hermétiques confinés dans un dessiccateur. Ainsi il sera prêt à l'emploi [34].

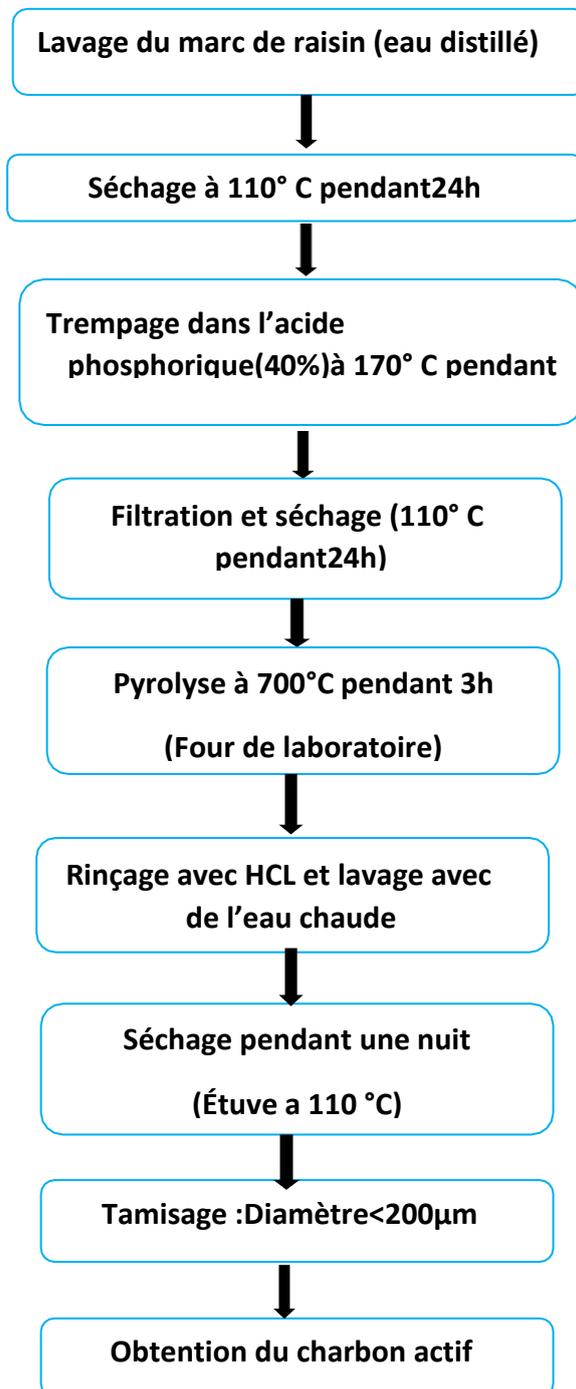


Figure 2.2 : Schéma du protocole expérimental de préparation de charbon actif à partir du marc de raisin.

2-3-Caractérisation du charbon actif de marc de raisin

2-3-1-Détermination pHPzc

Le pH isoélectrique pH(pzc) correspond au point où la charge totale de l'adsorbant est nulle. Il est déterminé selon la méthode de « Cerovic » [1], par le tracé de la courbe pH final = f (pH initial) . Le pH(pzc) représente le point de la courbe où le pH final est égal au pH initial. Le pH(pzc) de l'adsorbant vaut 7.05, il est déduit graphiquement.

Le pH de charge nulle (pHPzc) du marc de raisin traité à l'acide phosphorique concentré « NATA » a été déterminé selon la méthode de Cerovic . Des volumes de 20 mL d'une solution de KNO₃ (0.01 M) sont introduits dans des béchers. Le pH(initial) de chacune des solutions est ajusté à un pH variant de 1 à 14 par ajout de H₃PO₄ ou de NaOH concentré pour éviter l'effet du volume. Une masse de 0.1 g d'adsorbant (NATA) de granulométrie [200-315] µm est introduite dans un bécher où le pH de la solution est fixe. Ces derniers sont soumis à une agitation magnétique (250 trs.mn-1) durant 24 heures à 20 °C. L'agitateur utilisé est un agitateur chauffant multi-poste de type « MultiMix-Cloup » dont la température est comprise entre 30 et 400 °C et une vitesse variant de 200 à 1200 trs.mn-1.

2-3-2-La teneur en humidité

Le taux d'humidité est un rapport exprimé en pourcentage, il est déterminé par le séchage de l'adsorbant dans une étuve[37].

On met 01 g de charbon actif dans un creuset en céramique et on le pèse. Ensuite on le sèche dans une étuve à 110°C en régressant la masse jusqu'à ce que son poids devient constant. A sa sortie de l'étuve ,on le refroidit à température ambiante puis on le repese . Le taux d'humidité (%H) peut être calculé par la formule suivante :

$$H\%=(M3-M2)/M1*100$$

M1:la masse initiale du CA utilisée en(g)

M2 : la masse du creuset rempli après séchag

Chapitre 02 : méthodes et caractérisation

en(g)

M3:la masse du creuset rempli avant séchage

en(g)

2-3-4-Le taux de cendre

Il s'agit de la partie inorganique, inerte, amorphe et inutilisable, présente dans le charbon actif, le taux de cendre est déterminé par la méthode décrite en littérature[37].

Un échantillon de 01g de charbon actif est séché dans une étuve à 80°C pendant 24 heures puis placé dans un creuset en céramique. Ce creuset est introduit dans un four réglé à 650°C est maintenu pendant 3 heures à cette température. Après refroidissement à température ambiante on pèse à nouveau le creuset. Le taux de cendre(%C) est calculé comme suit:

$$C\% = (M3 - M2) / M1 * 100$$

M1:la masse initiale du CA utilisé en(g)

M2:La masse du creuset avant carbonisation en(g)

M3: La masse du creuset rempli après carbonisation en(g)

2-3-5-Efficacité de l'activation

L'efficacité de l'activation R(%) est définie comme le rapport entre la masse de charbon actif produit après activation et la masse de la matière première utilisée avant activation[38].

$$R\% = \frac{\text{masse charbon activé}}{\text{masse avant activation}}$$

2-3-6-Analyse structurale par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

Chapitre 02 : méthodes et caractérisation

La spectroscopie est une technique importante utilisée pour l'identification des groupes fonctionnels caractéristiques de la surface de l'adsorbant[39].

Ces groupes sont souvent responsables des liaisons adsorbant adsorbat .L'appareil utilisé estFTIR-8900.

2-3-7-Microscope électronique à balayage(MEB)

Nous avons mis en évidence et a fin de déceler éventuellement des différences de morphologie dans la fabrication des charbons ,des photos ont été prises à l'aide d'un microscope électronique

Cette technique très pointue de visualisation des surfaces d'échantillons solides, permet à la fois de voir la forme des grains et leur taille individuelle [40,41] ; et de déterminer les principaux éléments chimiques constituant les matériaux.

2-4-OPTIMISATION DES CONDITIONS D'IMPREGNATION

➤ Mesure de la DCO par méthode Kit Hach LCK 114/314

Ce mode opératoire décrit la méthode de mesure de la demande chimique en oxygène pour les deux gammes : 150 à 1000 mg d'O₂ par litre (haute gamme : LCK 114) et 15 à 150 mgd'O₂par litre(bassegamme:LCK314).

La mesure de ce paramètre consiste:

- Ajouter 2 ml d'échantillon en tube de réactif DCO.
- Agiter et placer le tube fermé dans le thermostat (réacteur) puis chauffer l'échantillon jusqu'à 148 °C pendant 2 heures.
- Laisser refroidir l'échantillon à l'air libre pendant 15 minutes à température ambiante.
- Placer le tube dans le spectrophotomètre DR2800 et lire la teneur de la DCO en mg/l.
- Afin de déterminer les conditions optimales, nous avons effectué des

Chapitre 02 : méthodes et caractérisation

essais d'adsorption de l'eau usée sur chaque échantillon préparé.

2-4-1-Effet du temps d'imprégnation

Pour effectuer des tests de cinétique d'adsorption, les deux charbons actifs préparés à avec une masse de 1 g. On suit la variation de la capacité d'adsorption en fonction du temps (15min, 30min, 45min, 1h) pour chaque taux d'imprégnation jusqu'à l'équilibre.



Figure 2.3 : Effet du temps d'imprégnation

Chapitre 02 : méthodes et caractérisation

2-4-2-Effet de la masse du support

L'influence de la masse du charbon actif utilisé comme support est un paramètre important. Au cours de cette étape, on a fait varier la masse de chaque charbon actif préparé entre (0,5-1-1,5 et 2 g). Chaque masse est introduite dans une solution de l'eau usée(100ml). L'ensemble est agité pendant un temps déterminé précédemment.

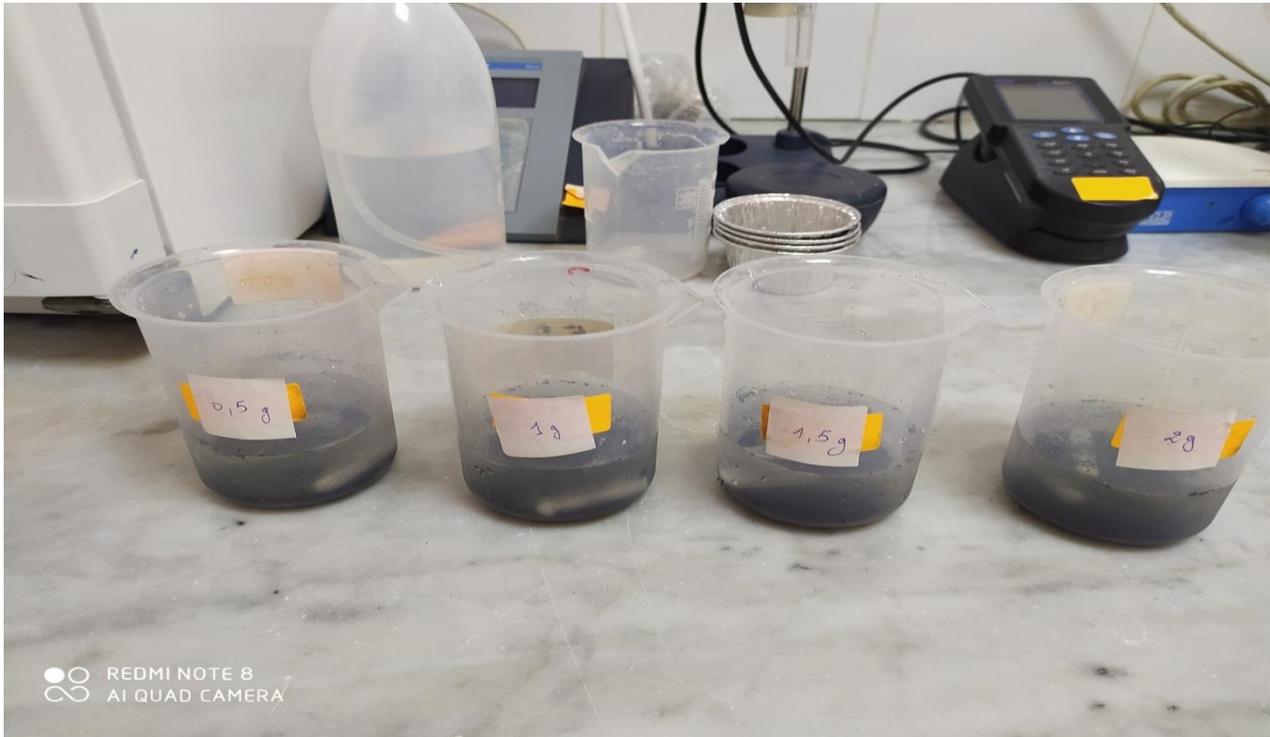


Figure2.4 : Effet de la masse du support

Chapitre 02 : méthodes et caractérisation

2-4-3-Effet du pH de la solution

Nous avons réalisé des essais d'adsorption de l'eau usée, en présence d'une masse égale à 1 g de charbon. Le pH est ajusté successivement à (4,7 et 12) en utilisant des solutions de

NaOH et HCl à 2M, et mesuré avec le pH mètre.



Figure2.5:Effet du pH de la solution

Chapitre 03

Résultats et Discussion

Chapitre 03 : méthodes et caractérisation

3.1.Caractérisations des charbons actifs

3.1.1.Analyses physico-chimiques des charbons

➤ Humidité-Taux de cendre-Efficacité d'activation

Les résultats d'analyses d'humidités, des taux de cendre, efficacité d'activation des charbons actifs étudiés sont indiqués dans le **tableau 3.1.1**

Tableau 3.1.1. : Humidité-Taux de cendre-Efficacité d'activation

Echantillons	Charbon activé CA	Charbon commercial CC
Humidité	2,3	4
Taux de cendre	10	9
Efficacité d'activation (%)	42%	/

Le taux d'humidité ainsi que le taux de cendre du charbon activé sont comparables à ceux du charbon commercial.

➤ Le pH de point de charge nulle (pHpzc)

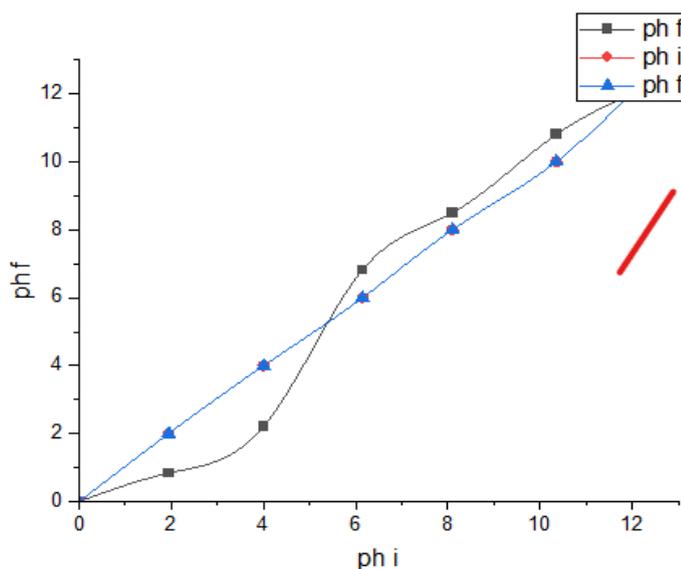


Figure 3.1 : Le pH de point de charge nulle pHpzc

Chapitre 03 : méthodes et caractérisation

La valeur de pH au point de charge nulle du charbon activé égale a 6,7 ,elle est inférieur à la neutralité (pH < 7).

Plus le pH d'une solution s'éloigne du pH_{pzc} vers des valeurs inférieures, plus la charge globale du Charbon activé (CA) devient positive. Il aura donc plus d'affinité avec une espèce chargée négativement.

➤ Analyse MEB

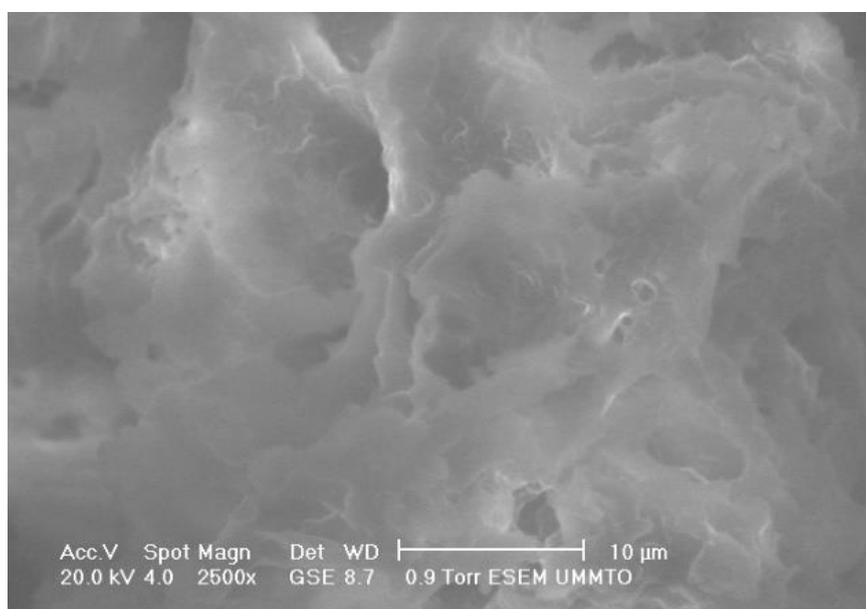


Figure 3.2: Image MEB du charbon actif activé par voie acide.

On peut observer à partir de l'image de la micrographie (MEB) que le charbon actif préparé par voie acide contient différentes tailles et formes de pores, avec une porosité très développée. La surface externe de notre matériau activé par voie acide montre de nombreuses cavités, et la structure est devenue parfaitement poreuse.

➤ Analyse structurale par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

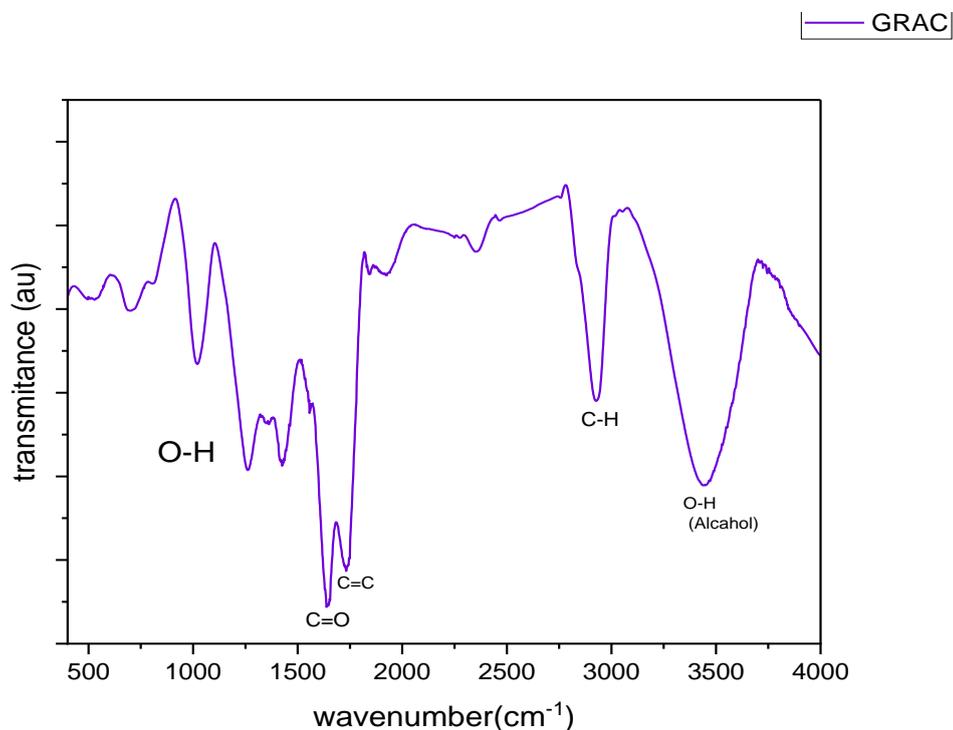


Figure 3.3 : Analyse structurale par spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier

La figure montre différentes bandes d'adsorption caractéristiques larges et fines, ces dernières sont attribuées à l'existence des fonctions organiques telles que ($-\text{C}=\text{O}$, $-\text{OH}$, $-\text{C}=\text{C}$)

Notons que ces groupements fonctionnels sont responsables des forces d'attraction entre les sites chargés positivement de l'adsorbant et les charges négatives ou des doublets libres des hétéroatomes de l'adsorbant et montre qu'il y a une création de nouvelles bandes après l'activation chimique chez GRAC. La nature des bandes caractéristiques est identifiée selon la table internationale « interpreting, infrared, Raman, and nuclear Magnetic Resonance spectra volume 1 ».

Annexe B

3.2. TESTS D'ADSORPTION

3.2.1. Détermination du temps d'équilibre

Dans le but de déterminer le temps d'équilibre d'adsorption, 1 g de chacun des adsorbants à température ambiante est mis dans un volume de 100 ml d'eau épurée, l'ensemble est agité à des temps d'agitation allant de 15 minutes à 1 heure.

Les résultats obtenus sont représentés graphiquement sur la figure 3.3

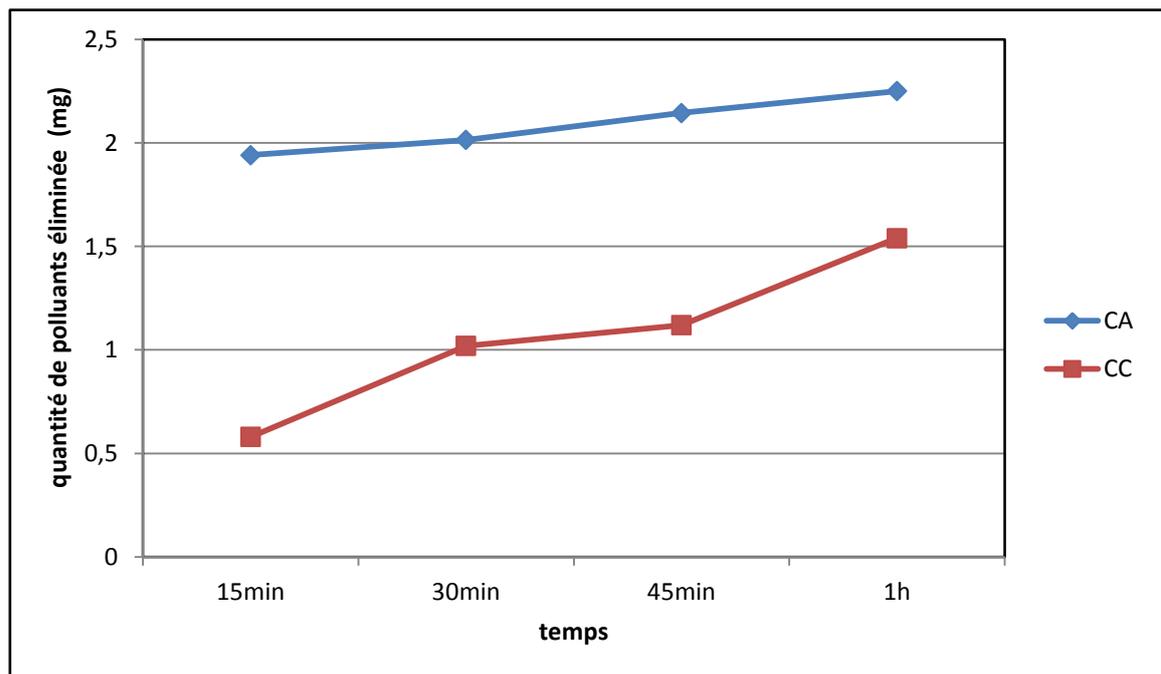


Figure 3.3. : Détermination du temps d'équilibre

Ce graphe montre clairement que la quantité de pollution (DCO) éliminée augmente régulièrement avec le temps, néanmoins nous ne pouvons pas affirmer que la durée de 1 heure constitue un plateau de saturation, étant donné que nous n'avons pas pu prolonger les tests en raison du manque de réactif pour doser la DCO, néanmoins cette tendance est confirmée par des études analogues menées par Khelifii et Goumidi 2021 ainsi que Houli et Boutebal 2019, qui ont atteint l'équilibre d'adsorption au bout de 03 heures.

Un test avec du charbon actif commercial (CC) a été mené en parallèle avec celui du charbon actif de marc de raisin (CA), et on constate d'après le graphe que l'évolution du taux d'élimination des polluants avec le temps, suit la même tendance, il est à noter néanmoins que pour tous les intervalles de temps considérés le charbon actif de marc de raisin demeure plus efficace que le charbon actif commercial.

3-2-2. Détermination de la masse optimale du support

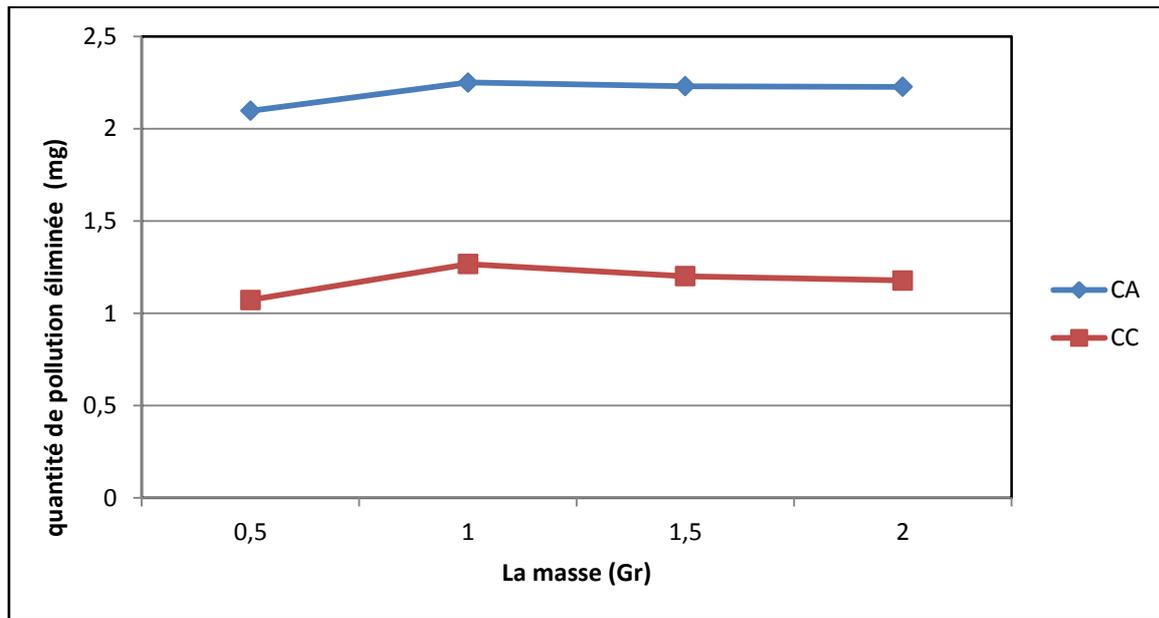


Figure 3.4. : Détermination de la masse optimale du support

D'après ce graphe on constate que le meilleur rendement d'élimination est obtenu avec une masse de 1Gr, que nous considérons donc comme masse optimale, dans les études menées par Khelifii et Goumidi 2021 ainsi que Houli et Boutebal 2019, la masse optimale retrouvée est de 2Gr, dans notre étude cette masse également testée s'est révélée d'une efficacité très légèrement inférieure à celle obtenue avec 1Gr, cette différence serait du peut être à la différence des conditions expérimentales notamment la préparation et la provenance du marc de raisin qui ne serait pas exactement la même.

3.5. Détermination de l'effet du pH de la solution

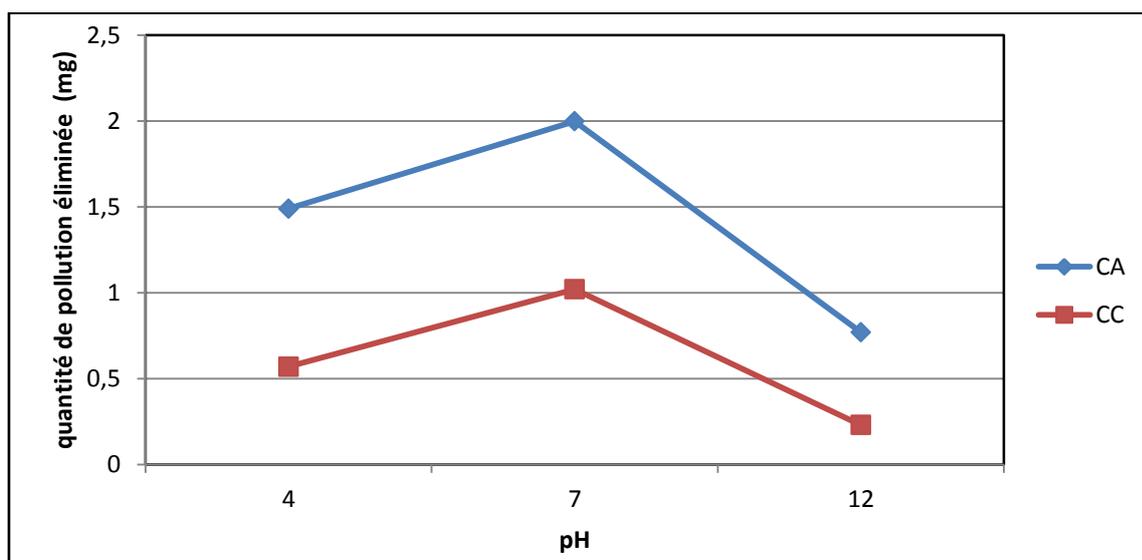


Figure 3.5. : Détermination de l'effet du pH de la solution

Chapitre 03 : méthodes et caractérisation

D'après le graphe nous constatons que les meilleurs rendements d'élimination se situent au niveau du pH neutre (pH=7) et que le plus mauvais rendement coïncident avec un pH basique (pH=12)

Cette valeur optimale de pH est comparable à celle retrouvée par Khelifii et Goumidi 2021, qui ont obtenus les meilleurs rendements d'élimination à une valeur de pH de 6, c'est-à-dire proche de la neutralité.

Conclusion

Conclusion

Conclusion :

Notre étude a révélé que le charbon actif produit à partir de marc de raisin présente un très grand potentiel comme matériaux d'adsorption à appliquer dans le traitement des eaux et plus particulièrement dans l'épuration des eaux usées.

Pour mener ce travail nous avons choisis un effluent réel à savoir les eaux traitées au niveau de la station d'épuration de Chenoua dans la wilaya de Tipaza (SEAAL), dont nous avons tenté d'affiner le traitement (traitement quaternaire) afin de les utilisées à grande échelle pour l'irrigation.

Dans nos test nous avons considéré pour l'évaluation et le suivi de la qualité de l'eau un paramètre générique de la pollution à savoir la Demande chimique en oxygène (DCO), ainsi et après la préparation du charbon actif à partir d'un protocole préalablement élaboré, nous avons procédé à sa caractérisation, puis nous avons entamés des tests d'adsorption que nous avons mené par le mode batch, en étudiant des paramètres classique pour toute étude d'adsorption , à savoir les effets du temps, de la masse d'adsorbant utilisé et du pH de la solution.

Les résultats se sont révélés prometteurs et ont démontré que la meilleure efficacité de notre matériau est obtenu à pH neutre pour une durée minimale de 1heure et pour une masse de 1GR par 100 ml d'eau à traiter.

Nous souhaitons que cette étude soit complétée par l'utilisation de nouveaux protocoles de préparation du charbon actif qui pourraient peut être améliorer ses performances, nous espérons également que ce type d'étude qui a un double objectif de valorisation (valorisation d'un déchet , et son utilisation pour la valorisation d'un effluent) soit entreprise plus souvent à l'avenir.

Enfin nous espérons avoir insufflé une touche d'optimisme dans un contexte de crise environnementale mondiale, de plus en plus perceptible et qui ne peut constituer qu'une motivation particulièrement pour les professionnels et les spécialistes de l'environnement pour aller de l'avant et fournir plus d'effort notamment pour la valorisation des déchets et la mobilisation de nouvelles ressources naturelles..

**Référence
bibliographique**

Référence bibliographique

- [1] Chikha Belgacem Rachid, Younsi Tarek. "Epuración des eaux usées de la commune de Touggourt par le procédé de la boue activée". Mémoire de master (LMD) Professionnel en hydraulique. Université hamma lakhdar d'el-oued, 2014.
- [2] Gaujous D. "La pollution des milieux aquatiques ".mémoire. Edition Technique etDocumentation Lavoisier, 1995.
- [3] Attab Sarah. "Amélioration de la qualité microbiologique des eaux épurées par boues activées de la station d'épuration haoud berkaoui par l'utilisation d'un filtre a sable local. Mémoire de magister en biologie". Université kasdi merbah-Ouargla, 2011.
- [4] OMS. "L'utilisation des eaux usées en agriculture et aquiculture: recommandation avisées sanitaires". Organisation Mondiale de la Santé 1989 ; pp 17-60.
- [5] Bensaha Sofiane. "Les procédés de traitement et d'épuration des eaux usées par le chitosane". Thèse de doctorat en sciences. Université Abou-berk belkaid – Tlemcen, 2018.
- [6] Benosman, Bengrine Asma. "Dépollution des eaux usées sur un support naturel Chitosane- Bentonite. Mémoire de magister en chimie". Université abou bekr belkaid – Tlemcen, 2011.
- [7] OMS. "Directives de qualité de l'eau de boisson: Recommandations". O Edberg SC, Rice EW, Karlin RJ, Allen MJ. "*Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection". Journal of Applied Microbiology 2000;88:106-16.
- [8] rganisationMondiale de la Santé 1994 ; pp 8-30.
- [9] Boucenina Houda. "Analyse bactériologique des eaux de certaines écoles à la wilaya de maila".Mémoire de master.Université des Frères Mentouri Constantine, 2018.
- [10] Metahri. MS. (2012), élimination simultanée de la pollution azotée et

Référence bibliographique

phosphatée deseaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la step est de la ville de Tizi-Ouzou. Université Mouloud Mammeri, P 17.

- [11] Prescott , Harley et Klein . 2007. Microbiologie. 2ème Edition de Boeck, Paris, pp 837-855.
- [12] L.Germain ,L.Colas , J.Rouquet, le traitement des eaux.
- [13]Metahri . MS. (2012) , élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée deseaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la step est de la ville de Tizi-Ouzou. Université Mouloud Mammeri, P 18.
- [14] Metahri . MS. (2012), élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée deseaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la step est de la ville de Tizi-Ouzou. Université Mouloud Mammeri, P 20-21.
- [15]Metahri . MS. (2012) , élimination simultanée de la pollution azotée et phosphatée deseaux usées traitées, par des procédés mixtes. Cas de la step est de la ville de Tizi-Ouzou. Université Mouloud Mammeri, P 22-25.
- [16] <https://www.franceenvironnement.com/sous-rubrique/traitement-des-eaux-par-neutralisation>.
- [17] <https://www.suezwaterhandbook.fr/eau-et-generalites/processus-elementaires-du-genie-physico-chimique-en-traitement-de-l-eau/oxydation-et-reduction/objectif-des-traitements-d-oxydo-reduction>.
- [18]<http://fr.wikipedia.org/wiki/Adsorption>
- [19] N.GHALMI et A. SIFER,(2006) " Essais d'adsorption du phénol et du cuivre sur charbonactif valorisé à base de grignon d'olives ". Mémoire d'Ingéniorat, Boumerdès.
- [20] N.Gherbi (2008), 'Etude expérimentale et identification du processus de rétention descations métalliques par des matériaux naturels', Mémoire de doctorat, Université de Constantine.
- [21] A. MEKARZIA. (2000) " Utilisation du charbon actif préparé à

Référence bibliographique

partir du marc de café dans le traitement et l'épuration des eaux ". Thèse de Magister. Ecole Nationale Polytechnique.

- [22] Rachidi M. H. (1994). Etude de l'adsorption de l'Octaéthylporphyrine de Nickel sur les apatites phosphocalciques. Mémoire de CEA.
- [23] E. ERRAIS (2011), 'Réactivité de surface d'argiles naturelles, étude de l'adsorption de colorants anioniques', mémoire de doctorat, Université de Strasbourg.
- [24] Cardot C. (1999). Génie de l'environnement, les traitements de l'eau procédés physico-chimiques et biologiques, cours et problèmes résolus ». Edition Ellipses.
- [25] Bouchemal F et Achour S. (2007). Essais d'adsorption de la Tyrosine sur charbon actif en poudre et en grain (laboratoire de recherche en hydraulique souterraine et de surface. Laryss Journal n° 6, 81-89.
- [26] M.A. SLASLI.(2002). Modélisation de l'adsorption par les charbons microporeux, approche théorique et expérimentale . Thèse de doctorat, Université de NEUCHÂTEL.
- [27] Giles C.H, Mceman T.H, Nakhwa S.N et Smith D. (1960). Studies in adsorption. XI. A system of classification of solution adsorption isotherm and its uses in diagnosis of adsorption mechanism and measurement of specific surface area of solids. journal of chemical society, 3972- 3993.
- [28] S. MOREAU,(2003) " L'adsorption et l'environnement ". ENS
- [29] A. NEFZAOUI,(1987) " Contribution à la rentabilité de l'oléiculture par la valorisation optimale des sous-produits " OLIVAE IV Tunisie.
- [30] Mokedemi Kaouter. " Etude spectroscopique d'un charbon actif par H₃PO₄, Activation". Mémoire de Master. Université Abdelhamid ben Badis de Mostaganem, 2016.
- [31] Belkebir Zohra. "Valorisation des déchets agro-alimentaires cas des

Référence bibliographique

- grignons d'olive". Mémoire de magister. Université M'hamed, Bougara-Boumerdes, 2007.
- [32] Valix, M., W.H. Cheung, and G. Mckay. "Preparation of activated carbon using low temperature carbonization and physical activation of high ash raw bagasse for acid dye
- [33] Trabucco, A. and F. Marquez. "Structure of the glomerular tuft". *J Urol* 1952 ; 67: 235- 55.
- [34] Sarra Bourahla. " Etude des phénomènes d'adsorption Par la spectroscopie IRTF". Mémoire de doctorat en sciences. Université abdelhamid ibn badis-mostaganem, 2018.
- [35] Some seozoumé evariste. "Synthèse et caractérisation des charbons actifs a propriétés antiseptiques – tests sur des cultures de bactéries". Mémoire de master d'ingénierie de l'eau et de l'environnement, institut internationale d'ingénieur de l'eau et de l'environnement, 2010.
- [36] M. J. Ahmed, S. K. Dhedan. Equilibrium isotherms and kinetics modeling of methylene blue adsorption on agricultural wastes-based activated carbons. *Fluid Phase Equilibria* 317 (2012) 9-14.
- [37] KRA, Drissa Ouattara, ATHEBA, Patrick, DROGUI, Patrick, *et al.* Preparation and Characterization of Activated Carbon Based on Wood (*Acacia auriculeaformis*, Côte d'Ivoire). *Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences*, 2019, vol. 9, no 02, p. 63.
- [38] B.H. Hameed, Evaluation of papaya seed as a novel non-conventional low-cost adsorbent for removal of methylene blue, *J. Hazard. Mater.* 162 (2010) 939-994.
- [39] J. E. F.C. Gardolinski, G. Lagaly, Grafted organic derivatives of kaolinite: I. Synthesis, chemical and rheological characterization, *Clay Mineral.* **40** (2005) **537**.
- [40] J. E. F.C. Gardolinski, G. Lagaly, Grafted organic derivatives of kaolinite: II. Intercalation of primary n-alkylamines and delamination, *Journal of Fine Particle*

Référence bibliographique

Science, **40** (2005) 547.

[41] Houli . K et Boutebal.Y, contribution a l'étude du comportement de quelques bio adsorbants dans l'élimination d'Escherichia Coli des eaux polluees mémoire de master Université de Blida (2019) .

[42] Khelifi.F et Goumidi.Z , Synthèse d'un charbon actif a base des sous produits de vinification pour la depollution des eaux usees mémoire de master Université de Blida (2021) .

Annexes

Annexe A: Les produits et le matériel

Les produits	Le matériel
<ul style="list-style-type: none">• L'acide acétique• L'acide chlorhydrique concentré• L'hydroxyde de sodium(poudre)• L'acide phosphorique	<ul style="list-style-type: none">• Un pH mètre (HannaHIpH-211)• Une plaque de chauffage et d'agitation(Stuart)• Un tamis de laboratoire ayant une ouverture de maille inférieure à 200 μm• Etuve• Secoueur de laboratoire• Balance analytique• Pipettes pasteur

Annexe

Annexe B : indexation des bandes d'absorption du NANT selon la table internationale

Bandes (cm ⁻¹)	Nature du pic	Fonction probable
3436.3	Très large (3680.5-3122)	Existence de fonctions –OH libres et associées
2929	Large (3014-2820)	Présence de groupement -CH ₂ symétrique et asymétrique) Présence de la liaison C=O Présence C=C linéaire, cyclique CH ₂ (symétrique et asymétrique)
1732	Moyen	
1600-1665	Moyen	
1599	Alternance de plusieurs pics	
1508	successifs retrouvés dans	
1475	d'autres bandes (vibration- élongation et déformation)	Présence d'alcool primaire
1246-1427		Présence d'alcool secondaire
1158	Trois pics apparaissent	Présence d'alcool tertiaire
1122.5	successivement dont la	
1047.3	résolution est faible	