



Université de Ghardaia

N° d'ordre :
N° de série :

Faculté des Sciences et Technologies
Département des Sciences et Technologie

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : Génie Des Procédés

Spécialité : Génie Chimique

Par :

M^r : Ibrahim KRIMAT

M^r : Belkacem Amine MEDDAH

Thème

Traitement des eaux phréatique par charbon actif constituée par les noyaux d'olives local : cas de la région GHARDAIA

Soutenu publiquement le : 26 /06/2018

Devant le jury :

M^{me} : K.BOUAMER	Maitre Assistant A	Univ. Ghardaia	Présidente
M^r : M. CHOUREB	Cadre ADE	ADE. Ghardaia	Examineur
M^r : M.ACHOUR	Responsable ANRH	ANRH. Ghardaia	Examinatrice
M^{me} : Z.BABA AMER	Maitre Conférence A	Univ. Ghardaia	Encadreur

Année universitaire 2017/2018

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*Ma très chère et douce mère, à la mémoire de mon
très cher père*

*À mes chers frères Aïssa, Ammar et Saïid, Hamza,
Mohamed et sœurs*

*et À mes très chers amis : Fenniche fares, ben
dakken abderazzak , krimat youcef ,guanda
mohamed, foul youcef, fettata abdulah , sayeh
abdelwahed , laadjal oussama , makni ahmed,
mouhamed ben koumar , kebier adlan , amieur
djilali et Belkacem amine meddah, A toutes la
promotion de Master-2- Génie chimique 2017-2018*

Krimat Ibrahim

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

A mon cher Père. A la mémoire de ma Mère

A ma grand-mère

A mes chers frères, yacine et mounir et À mes très

chers amis : laadjal Oussama, makni Ahmed,

Mouhamed ben koumar, kebier adlan, amieur

Djilali, Fares fenniche et krimat Ibrahim

pour leur appui et leur encouragement,

A toute ma famille pour leur soutien tout au long de

mon parcours universitaire,

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux

tant allégués, et le fruit de votre soutien infaillible,

Merci d'être toujours là pour moi.

Meddah Belkacem

Amine

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

*En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mlle : **BABA AMER**, son précieux conseil et son aide durant toute la période du travail.*

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury :

*-Madame : **K.Bouamer***

*-Monsieur : **A. mansour***

*-Monsieur : **M.Chouireb***

*-Mademoiselle : **Z,Baba amer** Qui auront à examiner et évaluer notre modeste contribution.*

pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail Et de l'enrichir par leurs propositions.

*Sans oublier monsieur **FENNICHE FARES** pour la correction de notre mémoire.*

Nous nous exprimons mes remerciements à tous les membres du laboratoire de l'université de Ghardaïa et tous l'employons

*de ADE pour leur dévouement pendant la période de notre
stage.*

*Enfin, nous tenons également à remercier toutes les
personnes qui ont participé de près ou de loin à la
réalisation de ce travail.*

ملخص

تعتبر المياه الجوفية في وادي مزاب الواقع في جنوب الجزائر من الموارد المائية الرئيسية لري المحاصيل وإمدادات مياه الماشية. إن حملة هيدروكيميائية على الوادي ، تغطي 3 نقاط مياه ، جعلت من الممكن وصف كيمياء مياه طبقة المياه الجوفية

، ثم استعملنا المادة التي قمنا بتصنيعها على مستوى المخبر انطلاقا من نوى الزيتون لاستخراج الكربون النشط الذي بدوره استعملناه في معالجة هذه المياه وقمنا أيضا بدراسة قدرته على امتزاز المواد الملوثة لهذه المياه وأظهرت النتائج أن هذه المادة فعالة نوعا ما في تنقية المياه من المواد الملوثة.

تتطلب المعالجة عدة خطوات ولكن فعالة ولا تتطلب مرافق متطورة. وفقا لنتائج معالجة هذه المياه مع الفحم النشط وغير نشط تشير إلى أن العلاج فعال ويعطي نتائج جيدة فيما يتعلق امتزاز ... ، الكبريتات وكلوريد إلخ calcium الأملاح المعدنية وخاصة

يوضح هذا العلاج كفاءة إزالة المواد العضوية ، ظاهرة الامتصاص على مستوى سطح الفحم - مهم لعناصر التلوث ، بعد 9 أيام من الاتصال. وقد أظهر العمل أن الكربون المنشط يسمح زيادة في امتزاز معظم الجزيئات العضوية الدقيقة حتى 50% لبعض المعادن وبالتالي فإن امتصاص العناصر غير المرغوب فيها هو أكثر أهمية من الأملاح ، استخدام الفحم الخام أو النشط لا يعطي فرقًا كبيرًا

مفاتيح الكلمات: المياه الجوفية، تحاليل فيزيائية كيميائية، كربون منشط، معالجة

Résumé :

La nappe superficielle de la vallée de M'Zab localisée dans le Sud algérien, est considérée comme l'une des principales ressources en eaux pour l'irrigation des cultures et l'approvisionnement en eau du bétail. Une campagne hydrochimique sur la vallée, portant sur 3 points d'eau a permis de caractériser le chimisme des eaux de la nappe.

Notre choix de matériaux été le charbon actif à partir de noyaux d'olives local le processus de la préparation de charbon actif est un peu délicate et nécessite plusieurs étapes mais efficace et ne demande pas des installations sophistiquées. D'après Les résultats obtenus de traitement de ces eaux avec le charbon active et non active indiquent que le traitement est efficace et donne des bonnes résultats concernant l'adsorption des sels minéraux surtout le calcium, sulfates et les chlorures etc....

-Ce traitement montre une efficacité d'élimination de la matière organique, le phénomène d'adsorbants au niveau de la surface de charbon est important pour les éléments de pollution, après 9 jours de contact Le travail a mis en évidence que le charbon actif permet une augmentation de l'adsorption de la plupart des molécules organiques micropolluants jusqu'à 50% pour quelques minéraux donc l'absorption des éléments indésirable est plus importantes que les sels, l'utilisation soit le charbon brut ou actif ne donne pas une grand différence

Mots clés : Les eaux phréatiques, les analyses physico-chimiques, charbon actif, traitement

Abstract:

The surface water of the M'Zab Valley located in southern Algeria is considered as one of the main water resources for crop irrigation and livestock water supply. A hydrochemical campaign on the valley, covering 3 water points has made it possible to characterize the chemistry of the waters of the aquifer.

Our choice of materials was activated carbon from local olive kernels, the process of preparing activated carbon is a little tricky and requires several steps but effective and does not require sophisticated facilities. According to the results of treatment of these waters with active and non-active charbon indicate that the treatment is effective and gives good results concerning the adsorption of mineral salts especially calcium, sulphates and chlorides etc.

-This treatment shows a removal efficiency of organic matter, the phenomenon of adsorbents at the level of the coal surface is important for the elements of pollution, after 9 days of contact The work has shown that activated carbon allows an increase in the adsorption of most micro pollutant organic molecules up to 50% for some minerals therefore the absorption of undesirable elements is more important than salts, the use of either raw or active coal does not give a big difference

Key words: phreatic waters, physicochemical analyzes, activated charbon treatment

Liste des figures

<i>N° de figures</i>	Titre	Page
1	Répartition des ressources en eau dans le monde	5
2	Les différentes nappes d'eau souterraine	9
3	Structure chimique du charbon actif, d'après Bansal et al	13
4	Représentation schématique de la structure poreuse du charbon actif	16
5	Etapas décrivant le phénomène d'adsorption	18
6	Schéma de l'adsorption physique	18
7	Configuration spatiale des différentes interfaces	20
8	Modèle d'une monocouche	21
9	Les différents types d'isothermes de Langmuir	22
10	Modèle des multicouches	23
11	Etapas de la diffusion d'une molécule lors de son adsorption	25
12	Localisation des points de prélèvement	28
13	Vue interne de puits ciblé	29
14	Procédure de synthèse matière brute	30
15	Procédure de carbonisation	31
16	Procédure d'activation chimique	32
17	Distribution granulométrique des noyaux d'olives	45
18	Évaluation de pH des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	48
19	Évaluation de CE des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	49
20	Évaluation de CE des eaux de puits par rapport le temps	49
21	Évaluation de TDS des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	50
22	Évaluation d'Ammonium (NH ₄ ⁺) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	51
23	Évaluation de Nitrite (NO ₂ ⁻) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	52

24	Évaluation de Nitrate (NO_3^-) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	52
25	Évaluation de Phosphate (PO_4^{3-}) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	53
26	Évaluation de Fer (Fe^{2+}) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	54
27	Évaluation de Calcium (Ca^{2+}) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	55
28	Évaluation de Magnésium (Mg^{2+}) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	56
29	Évaluation de Dureté (TH) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	57
30	Évaluation de Chlorure (Cl^-) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	58
31	Évaluation de Sulfate (SO_4^{2-}) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	59
32	Évaluation de Résidus Sec des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	60
33	Évaluation de DBO_5 des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif	60
34	Tamis moléculaire	71
35	Balance électrique	71
36	Grains d'olive avant carbonisation	72
37	Four à 800 °C	72
38	Grains d'olive après carbonisation	72
39	Chauffe Ballon d'activation	72
40	Filtration de charbon actif	73
41	Filtration après le traitement	73
42	pH-mètre	73
43	Conductivité-mètre	73
44	Appareil de demande biochimique en oxygène DBO_5	74

Liste des tableaux

<i>N^o de tableau</i>	Titre	Page
1	Renouvellement d'eau dans les grands réservoirs	8
2	Principales différences entre la Physisorption et la Chimisorption	19
3	Liste des zones échantillonnées	27
4	Mesure du pH des noyaux d'olives	45
5	Mesure de la teneur en humidité des noyaux d'olives	46
6	Mesure de la teneur en cendre des noyaux d'olives	46
7	Mesure de la densité apparente des noyaux d'olives	47
8	Mesure de la porosité des noyaux d'olives	47
9	Représente les rendements de traitement (%)	61
10	Les normes OMS et Algériennes de l'eau potable	70
11	Facteur de conversion de la DBO ₅ en fonction du volume de prise	71

Liste des abréviations

<i>Abréviation</i>	<i>Désignations</i>
μm	Micromètre
μS	Micro siemens
μg	Microgramme
$^{\circ}C$	Degré Celsius
<i>nm</i>	Nanomètre
<i>UV</i>	Ultraviolet
<i>IUPAC</i>	International Union of Pure and Applied Chemistry
<i>BET</i>	Brunauer, Emmett et Teller
<i>OMS</i>	Organisation Mondiale de la Santé
<i>DBO</i>	Demande biochimique en Oxygène
<i>CE</i>	Conductivité électrique
<i>pH</i>	Potentiel Hydrogène
<i>TDS</i>	Solides Totaux Dissous
<i>NTU</i>	Unités Néphélométriques de Turbidité
<i>TAC</i>	Titre alcalimétrique complet
<i>TH</i>	Dureté totale
<i>EDTA</i>	Le sel d'acide éthylène - diamine tétracétique

Table des matières

Liste des tableaux	I
Liste des figures	II
Liste des Abréviations	III
Introduction générale	01
Chapitre 01 – Généralités sur les eaux	
1.1. Introduction	05
1.2. Ressources en eau dans le monde	05
1.3. Réserves en eau souterraines	07
1.4. Les différents types de nappes	08
1.5. Ressources en eau de wilaya de Ghardaïa	09
1.6. Les systèmes de captage des eaux dans la wilaya de Ghardaïa	10
Chapitre 02 – Adsorption par charbon actif	
2.1. Introduction	13
2.2. Les carbones activés	13
2.3. Adsorption par les carbones activés	17
2.4. Mécanisme d'adsorption	19
2.5. Isothermes d'adsorption	20
2.6. Cinétique d'adsorption	24
2.7. Conclusion	25
Chapitre 03 – Matériels et Méthodes	
3.1. Introduction	27
3.2. Choix des points de prélèvement	27
3.3. Synthèse et préparation de charbons actifs	29
3.4. Caractérisations de charbon actif des noyaux d'olives préparés	33
3.5. Méthode d'analyse au laboratoire	35
3.6. Conclusion	42
Chapitre 04 – Résultats et discussion	
4.1. Introduction	44
4.2. Résultats et discussions des analyses effectuées	44
4.3. Conclusion	61
Conclusion générale	63
Référence bibliographique	66
Annexes	70



INTRODUCTION GÉNÉRALE



Introduction

L'eau est un facteur indispensable pour tout développement des activités humaines, elle est peut être rare à certains endroits, comme les zones arides, ou tout simplement d'une qualité médiocre à d'autres endroits.

Les origines des eaux de consommation sont multiples, mais ceux qui répondent aux normes de la potabilité sont très peu nombreuses.

L'eau dans ses deux dimensions qualité et quantité constitue un problème majeur pour presque tous les pays, il se pose davantage pour les pays pauvres et ceux se trouvant dans des étages climatiques à déficit hydrique comme c'est le cas en Algérie et plus particulièrement au Sahara.

La pollution de l'eau correspond à la présence dans l'eau de minuscules organismes, de produits chimiques ou de déchets industriels. Cette pollution touche les eaux souterraines qui circulent dans le sol et les eaux de surface (océans, rivières, lacs).

Elle entraîne une dégradation de la qualité de l'eau, ce qui rend son utilisation dangereuse et perturbe le milieu aquatique.

Pour ces raisons, ces dernières années beaucoup des chercheurs se sont penchés sur l'étude et le développement de nouveaux matériaux non toxiques ayant une grande capacité d'adsorption et peu coûteuses afin de conserver l'environnement, d'une part en augmentant la production et d'autre part en diminuant le taux de pollution.

Les matières premières sont d'origines variées tel que les bois, les coques d'amandes de noix, pulpe de pomme, les noyaux de pêches ainsi que les noyaux d'olives, et les noyaux des dattes....

Chaque année, une quantité importante de noyaux de d'olive sont générées et constituent une source significative de déchets agricoles.

Dans le but de valoriser les matériaux locaux en charbon actif à partir des noyaux d'olives provenant de la région agriculture de la région d'Oued Metlili située au sud d'algerien

Notre travail s'intéresse au **Traitement des eaux phréatiques par charbon actif constituée par les noyaux d'olives local : cas de la région de GHARDAIA**

Pour cela, nous l'avons structuré sous quatre chapitres, en l'occurrence :Le premier chapitre donne des généralités sur les eaux.

Le deuxième chapitre, présente quelques généralités sur l'adsorption par charbon actif pour mieux définir l'importance de ce processus, sa cinétique, ses caractéristiques et les éléments influant l'adsorption.

Le troisième chapitre , expérimentale est consacré à la description des noyaux d'olives, le lieu de prélèvement avec la préparation d'un charbon actif à partir de noyaux d'olives local qui sera utiliser comme adsorbant pour traiter les eaux de la nappe phréatique .

Vient par la suite, le quatrième chapitre dans lequel sont présentés et interprétés les résultats d'analyses obtenus.

Et nous terminons par une conclusion générale viendra faire une synthèse des travaux effectués avec les recommandations qui s'y rapportent.

PARTIE
THÉORIQUE



CHAPITRE 01
GÉNÉRALITÉS SUR LES
EAUX



1.1. Introduction

L'eau constitue une ressource naturelle indispensable dans la vie des hommes, des animaux et des végétaux. L'avoir à disposition en quantité suffisante et en qualité contribue au maintien de la santé. Mais elle peut être aussi source de maladies du fait de sa pollution par des rejets industriels, des eaux usées, des déchets ménagers ou agricoles, des excréta et divers déchets organiques [1].

Généralement les ressources en eau représentent l'une des principales richesses sur lesquelles repose toute action de développement économique et social. Au Sahara par exemple les ressources en eau sont surtout et largement dominées par les eaux des puits et souterraines.

1.2. Ressources en eau dans le monde

Près de 97% de l'eau sur terre se trouvent sous forme d'eau salée des mers et des océans. Dans les 3% restant, seulement 0,4% sont disponibles comme eau douce accessible pour assurer les besoins en eau pour la boisson et les activités ménagères. Mais avec l'augmentation des sources de pollution : industriel, agricole, et domestique, la dégradation de la qualité de cette eau douce augmente graduellement chaque année [2].

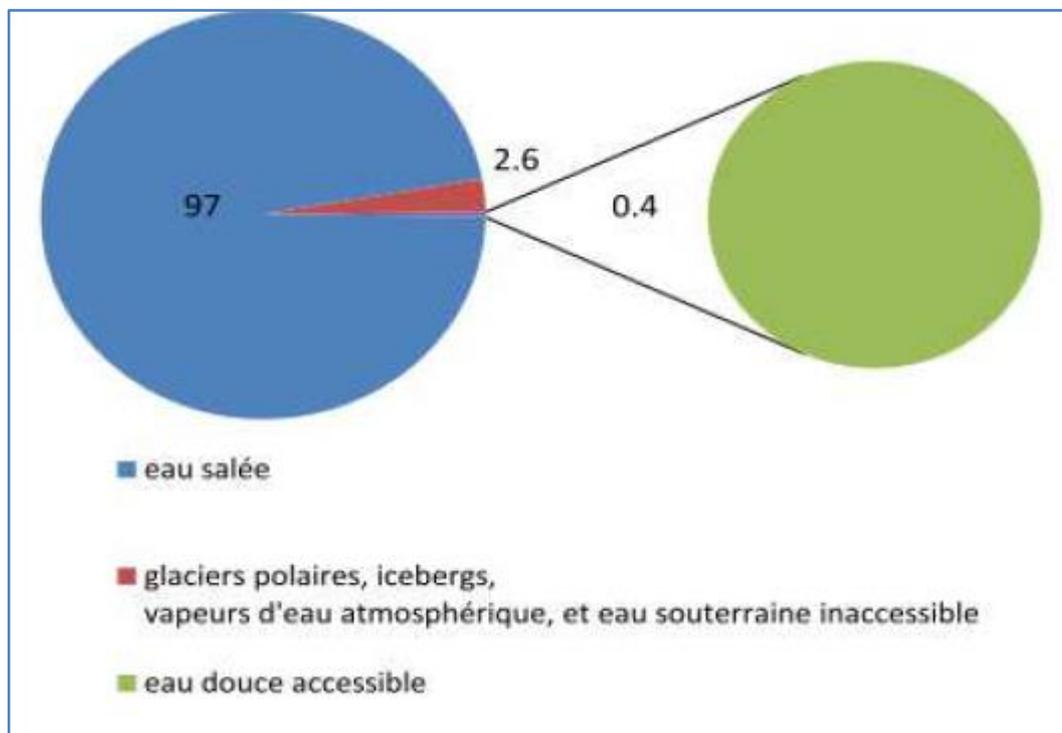


Figure-1 : Répartition des ressources en eau dans le monde. [3]

1.2.1. Les eaux de pluie

Les eaux de pluie sont des eaux de bonne qualité pour la consommation humaine. Elles sont très douces par la présence d'oxygène et d'azote et l'absence des sels dissous, comme les sels de magnésium et de calcium. Dans les régions industrialisées, les eaux de pluie peuvent être souillées par des poussières atmosphériques. La distribution des pluies dans le temps ainsi que les difficultés de captage font que peu de municipalités utilisent cette source d'eau [4].

1.2.2. Les eaux de mer

Les eaux de mer sont une source d'eau brute qu'on n'utilise que lorsqu'il n'y a pas moyen de s'approvisionner en eau douce. Ces eaux sont caractérisées par une grande salinité (varie de 33000 à 37000 mg.L⁻¹), elles sont dénommées aussi « eaux saumâtres ». Ce qui rend l'utilisation de ces eaux difficile, notamment leur coût très élevé pour leur traitement [4].

1.2.3. Eaux de surface

Les eaux de surface sont plus fréquemment contaminées (barrage, rivières), elles nécessitent des traitements ainsi que des infrastructures pour le transport jusqu'aux agglomérations.

Ce sont des eaux qui se caractérisent par une forte charge en impuretés et par une pollution biologique et surtout chimique. La pollution est due surtout aux rejets dans le milieu naturel de grandes quantités d'eaux usées brutes et souvent chargées en pollution toxiques [5].

1.2.4. Eaux souterraines

Les eaux souterraines longtemps considérées comme pures et protégées par le sol contre les diverses activités humaines, sont de nos jours souvent touchées par l'infiltration de multiples polluants à haut risque dont les plus répandus sont les nitrates et les pesticides. L'eau d'une nappe souterraine a une composition généralement plus stable et riche en sels minéraux. Son exploitation nécessite la mise en place de systèmes de captage et des équipements hydrauliques de distribution (pompes) qui sont souvent importants. La porosité et la structure du terrain déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine. Une nappe peut être libre, elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement.

Une nappe peut être captive, elle est alors séparée de la surface de sol par une couche imperméable et maintenue en pression par un toit moins perméable que la

formation qui la contient. Un cas particulier est présenté par les nappes alluviales : ce sont les nappes situées dans les terrains alluvionnaires sur lesquels circule un cours d'eau [6].

1.3. Réserves en eau souterraines

Au niveau mondial, même si les réserves en eau profondes ne sont pas complètement connues, on considère que la quantité d'eau disponible est très limitée. On sait que l'eau douce en représente seulement 2,5 %, et que la majorité est bloquée dans les glaces (2%) ou stockée dans les nappes profondes. Donc seulement 0,6 % (0,58 %) dans les nappes et le sol, 0,02 % pour les eaux superficielles) est effectivement utilisable. Cette réserve en eau particulièrement mal répartie puisque dix pays, en majorité situées au nord du globe ou en zones tropicales humides, possédant 60% des ressources. Le déficit existe donc dans les régions où on en a besoin, c'est à dire dans les zones arides.

Dans les zones à climat aride et dont les ressources en eau renouvelables sont limitées et fortement exploitées, des moyens techniques et financiers importants ont permis une véritable exploitation minière des aquifères profonds selon une stratégie d'épuisement de la ressource en quelque dizaines d'années [7].

1.3.1. Les grands aquifères du monde

Les grands aquifères à l'échelle mondiale sont de véritables mines d'eau souterraines. Dans le parcours terrestre du cycle de l'eau, ils jouent un rôle primordial comme régulateur. Sans eux, les écoulements naturels seraient aussi irréguliers que les précipitations et aucune ressource d'eau permanente n'existerait.

Les nappes libres sont de bien meilleurs régulateurs puisque le niveau piézométrique, et donc le volume de l'eau contenu, peut varier. Le débit des rivières dont le lit correspond au niveau piézométrique d'une nappe est très régulier : c'est le cas de la Somme (région de Picardie au Nord de la France) avec la nappe de la Craie.

Ces grands stocks d'eau souterrains peuvent être considérés comme des ressources renouvelables ou non renouvelables selon leur approvisionnement actuel, l'intensité des prélèvements et leur taux moyen annuel de renouvellement qui est très lent.

Le renouvellement des grands réservoirs peut être exprimé de deux façons : (1) par le rapport du flux entrant et sortant au volume total d'eau contenue ; (2) par la durée théorique nécessaire pour que le flux cumulé soit égal au stock. (**Tableau 1**)

Tableau 1 : Renouvellement d'eau dans les grands réservoirs [7]

Grand aquifère	Taux annuel de renouvellement (Hm³)	Durée de renouvellement (ans)
Grand bassin artésien (Australie)	5.10^{-5}	20 000
Continental Intercalaire (Sahara)	$1,4.10^{-5}$	70 000
Sables verts albiens (B.de Paris)	5.10^{-5}	20 000
Bassin de Maranhão (Brésil)	13.10^{-4}	800

1.4. Les différents types de nappes [8]

La porosité et la structure du sol déterminent le type de nappe et le mode de circulation souterraine (Figure2).

1.4.1. La nappe profonde

Se repose sur une couche imperméable plus profonde, elle peut être :

Une nappe libre : Elle est alors alimentée directement par l'infiltration des eaux de ruissellement. Les eaux de cette nappe ne sont pas maintenues sous pression par un toit moins perméable que la formation qui la contient.

Ou **une nappe captive** : Elle est alors séparée de la surface du sol par une couche imperméable. Elle n'est donc pas alimentée directement par le sol et elle se situe à des grandes profondeurs et par conséquent est peu sensible aux pollutions.

1.4.2. La nappe phréatique

Les nappes phréatiques sont celles qui se reposent sur la première couche imperméable, non loin de niveau du sol. Elles sont toujours libres et souvent contaminées. Ces nappes revêtent une importance énorme pour l'approvisionnement en eau, car elles constituent les plus grandes réserves d'eau potable dans la plupart des régions du monde.

Une nappe phréatique affleure parfois à la surface du sol sous la forme de source ou bien peut être captée au moyen de puits.

1.4.3. La nappe alluviale

Elle contenue dans les grands épandages de sables, graviers et galets des fleuves et des rivières, la nappe alluviale est le lieu privilégié des échanges avec les cours d'eau et les zones

humides. Ce type de nappe peut être réalimenté par les crues et restituer à l'inverse de l'eau dans les cours d'eau en période de sécheresse.

Ces nappes fournissent 60% des eaux souterraines captées en France, en particulier grâce à leur facilité d'accès et leur bonne productivité.

1.4.4. La nappe karstique

La nappe karstique se rencontre dans les formations calcaires. Les eaux en dissolvant le calcaire à la faveur des fissures préexistantes constituent des vides dans lesquels peuvent s'écouler les eaux. Ces vides peuvent atteindre de grandes dimensions (gouffres, cavernes). Dans ces conduits les eaux peuvent cheminer rapidement et constituer des cours d'eau souterrains.

Aux points de sortie, les sources présentent des débits souvent variables dans le temps (leur valeur varie parfois de 1 à 100 au cours de l'année)

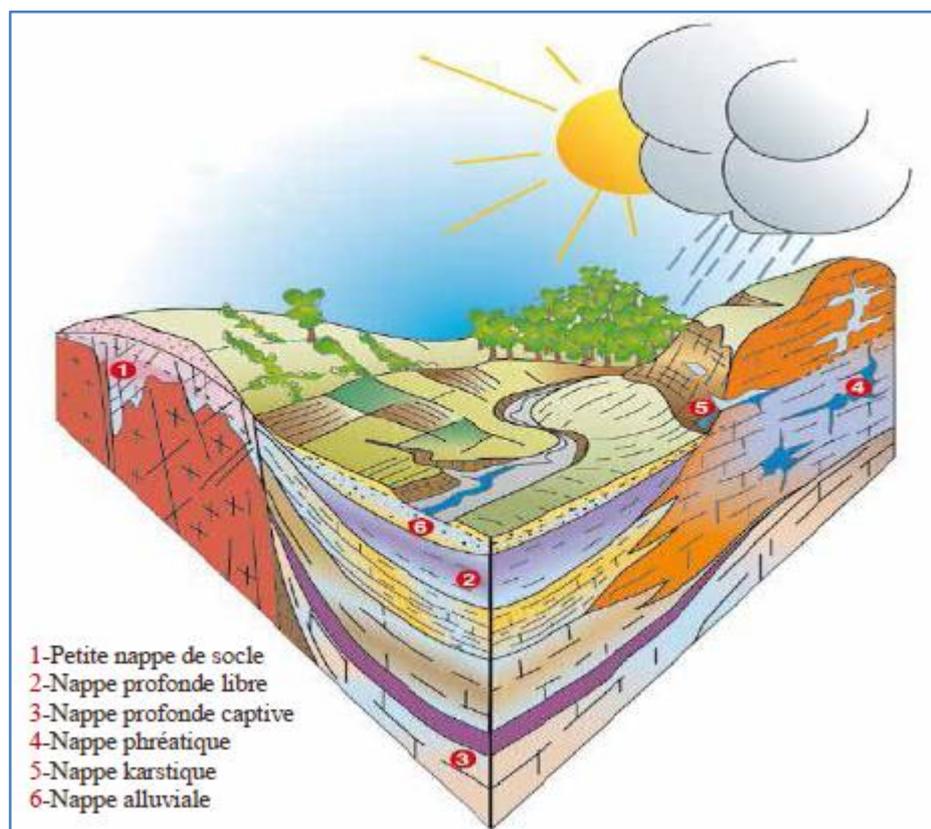


Figure-2 : Les différentes nappes d'eau souterraine [8]

1.5. Ressources en eau de wilaya de Ghardaïa

Les ressources en eaux de la Wilaya sont essentiellement souterraines. Les ressources en eaux de surface proviennent généralement des crues importantes de l'Oued M'Zab inondant

ainsi la région de Ghardaïa .Ces crues sont générées par les averses sur la région de Laghouat - Ghardaïa. Et les ressources en eaux souterraines ont pour l'origine deux nappes principales.

1.5.1. Nappe phréatique

D'une manière générale, les vallées des oueds de la région sont le siège de nappe phréatique. L'eau captée par des puits traditionnels d'une vingtaine de mètres de profondeur en moyenne mais qui peuvent atteindre 50 m et plus, permet l'irrigation des cultures pérennes et en particulier des dattiers .L'alimentation et le comportement hydrogéologique sont liés étroitement au pluviomètre. La qualité chimique des eaux est comme suite :

A l'amont : elle est bonne à la consommation ;

A l'aval : elle est mauvaise et impropre à la consommation, contaminée par les eaux urbaines [9].

1.5.2. Nappe du continental intercalaire

La nappe du Continental Intercalaire drain, d'une façon générale, les formations gréseuses et grésos-argileuses du Barrémien et de l'albien. Elle est exploitée, selon la région, à une profondeur allant 250 à 1000m. Localement, l'écoulement des eaux se fait d'Oued en Est. L'alimentation de la nappe bien qu'elle soit minime, provient directement des eaux de pluie au piémont de l'Atlas saharien en faveur de l'accident Sud atlasique. la nappe du CI, selon l'altitude de la zone de la variation de l'épaisseur des formations postérieures au CI, elle est :

Jaillissante et admet des pressions en tête d'ouvrage de captage (Zelfana, Guerrara, certaines régions de Menia). Exploitée par pompage à des profondeurs importantes, dépassant parfois les 120 m Ghardaïa, Metlili, Berriane et certaines régions d'El Menia) [10].

1.6. Les systèmes de captage des eaux dans la wilaya de Ghardaïa

L'eau souterraine est préférée parce qu'elle permet l'extension spatiale des exploitations agricoles et parce que les ouvrages de captage occupent des espaces réduits. L'exploitation des eaux souterraines n'a lieu que pour combler le déficit en eau de surface et pour garantir la stabilité d'approvisionnement ; ainsi la notion de l'utilisation de l'eau peut

être plus significative si on intègre les eaux de surface puisqu'elles sont intimement liées, et on parle de l'utilisation conjuguée qui est définie comme étant la coordination de l'utilisation des deux ressources, dans le temps et dans l'espace, pour supplémer les précipitations qui sont aléatoires et irrégulières.

1.6.1. Les systèmes de captage des eaux de surface

Par la réalisation d'une toile d'ouvrages de grandes, moyennes et petites dimensions ; tels les ouvrages de détournement des cours des Oueds, les canaux de collecte d'eau ou les simples murets de chaux construits le long des flancs de collines afin de récupérer la moindre goutte d'eau.

1.6.2. Les systèmes de captage des eaux souterraines

Par le forage de puits allant au-delà des 50 m de profondeur et la réalisation à ce niveau de galeries de captage de source et de stockage.

Selon la monographie de la wilaya, les systèmes hydrauliques sont les suivants :

- ❖ Les systèmes de captage des eaux souterraines par le forage de puits dépassant 50 m de profondeurs, et la réalisation de galeries de captage de source et de stockage.
- ❖ Les systèmes stockages des eaux des crues par la réalisation des digues de retenues au niveau des palmeraies, et de petits réservoirs dans chaque jardin.

Le système de distribution qui obéit à une application très stricte des normes de distribution des eaux d'une manière équilibrée [10].



CHAPITRE 02
ADSORPTION PAR
CHARBON ACTIF



2.1. Introduction

Le procédé de séparation par adsorption constitue aujourd'hui une des technologies les plus importantes, elle est largement utilisée pour la dépollution et la purification dans des domaines très variés, par exemple les traitements des eaux, les industries pétrolières, pétrochimiques et chimiques, aux applications environnementales et pharmaceutiques. Le carbone activé est l'adsorbant le plus utilisé dans le traitement des eaux polluées. Ce matériau est obtenu à partir de différents ressources riches en carbone, comme le bois, les noyaux d'olive...ect

Dans ce chapitre nous allons donner quelques généralités sur l'adsorption par charbon actif pour mieux définir l'importance de ce processus, expliquer sa cinétique, ses caractéristiques et les éléments influant l'adsorption.

2.2. Les carbones activés

2.2.1. Généralités sur les charbons actifs

Le charbon actif est historiquement parlant le premier matériau adsorbant utilisé. De par ses propriétés médicinales, il était déjà employé dans l'Égypte antique. Il est constitué d'atomes de carbone organisés en feuillets (carbone de type sp^2) (Figure-3)

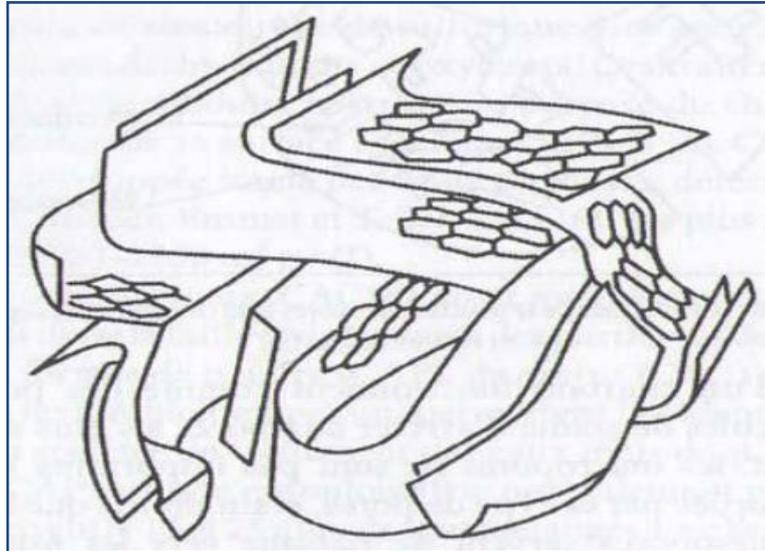


Figure-3 : Structure chimique du charbon actif, d'après Bansal et al. [11]

Ces feuillets sont plus ou moins organisés sous forme d'empilements de quelques dizaines (ou moins) de feuillets en une structure de type papier froissé, traversée de pores allant de quelques Angströms Å à quelques dizaines de nanomètre. Cette structure poreuse permet aux particules de charbon actif de développer une importante surface de contact avec le milieu extérieur La structure interne du carbone activé est constituée d'un assemblage plus

ou moins aléatoire de feuillets élémentaires aromatiques. L'espace entre les feuillets constitue la microporosité du charbon. L'aspect aléatoire de la distribution de taille de pores peut rendre la sélectivité du matériau très faible [12].

2.2.2. Préparation des carbones activés

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 [13].

2.2.2.1. 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 carbonisats) ayant une structure poreuse limitée qui pourra ensuite être développée dans le processus d'activation [14].

2.2.2.2. Activation

Les procédés divers de préparation des charbons actifs se rattachent à l'un des deux modes d'activation dénommés activation physique et activation chimique.

- L'activation physique suit deux phases. La première phase, dite de carbonisation, est en général menée à des températures relativement modérées (400 à 500 °C). Elle a pour but l'élimination de composés organiques et la formation d'un carbonisat. Ensuite, le matériau subit une activation poussée par traitement à la vapeur d'eau ou au dioxyde de carbone à 800 °C ou encore par un mélange de ces gaz. Cette seconde phase conduit à l'ouverture des pores et à l'obtention d'une très grande surface spécifique (entre 500 et 3000 m².g⁻¹), alors que le carbonisat original n'a en général qu'une surface spécifique faible (de 50 à 250 m².g⁻¹) [15].
- Dans l'activation chimique, les matières carbonées brutes telles que sciures de bois, tourbe, mélasse, déchets végétaux, noyaux d'olives, sont mélangées avec des produits chimiques tel que l'acide sulfurique, le chlorure de calcium, le chlorure de zinc, l'acide phosphorique, l'hydroxyde de potassium, etc. Après carbonisation (400 à 500°C), le carbone est séparé de la substance inorganique activant en dissolvant cette dernière par un lavage approprié. Le chlorure de zinc et l'acide phosphorique sont les agents activant les plus couramment utilisés [15].

2.2.3. Morphologie

Les charbons actifs existent sous plusieurs formes. Le classement en général se fait à partir de la taille et de la forme des particules de charbon. Dans le cas le plus commun, la particule peut se présenter sous forme de poudre ou de grain. Les charbons actifs peuvent aussi se présenter sous forme de fibres (précurseur à base de fibres végétales ou synthétiques) ou de tissu (les précurseurs sont dans ce cas des tissus).

2.2.3.1. Charbon actif en poudre

Le charbon actif en poudre se présente sous forme de fines particules de granulométrie comprise entre 1 et 100 μm . Les particules ont une large surface externe et une faible profondeur de diffusion μ la vitesse d'adsorption est très rapide. Le charbon actif en poudre est fréquemment utilisé pour le traitement d'effluents liquides. Par contre il est difficile à manipuler et à récupérer ce qui pose des problèmes de régénération [16].

2.2.3.2. Charbon actif en grain

Le charbon actif peut-être fabriqué sous forme de grains formés de particules de taille supérieure à 1 mm. Il est caractérisé par une grande surface interne et une surface externe relativement faible. Il en résulte que les phénomènes de diffusion à l'intérieur des pores prennent une grande importance dans les processus d'adsorption. Ainsi la cinétique d'adsorption est beaucoup plus lente que dans le cas d'un charbon actif en poudre [16].

2.2.3.3. Tissu de carbone activé

Les tissus de carbone activé sont préparés à partir de tissus synthétiques ou fabriqués à partir de fibres végétales (par exemple à partir de rayonne tissée), carbonisés à haute température puis activés. Depuis quelques années, l'intérêt pour ces matériaux est croissant car ils présentent des cinétiques et des capacités d'adsorption supérieures aux charbons en grains et en poudre [6]. Ils possèdent des structures microporeuses très développées, une surface spécifique très élevée pouvant atteindre $2000 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$ et sont facilement manipulables[17].

2.2.4. Structure poreuse

Un charbon actif est un matériau poreux, qui possède des cavités ou des canaux (Figure 4), appelés pores, dont les parois sont responsables d'une augmentation de l'aire spécifique. Un pore est par définition une cavité plus profonde que large, qui existe dans un grain de matière. Un volume poreux ouvert peut être défini à partir du volume d'une substance fluide adsorbée, nécessaire pour saturer tous les pores ouverts d'un gramme de ce solide. Un pore

ouvert débouchant à la surface du grain sera accessible au fluide. Ce volume poreux ouvert est donc uniquement caractéristique de la porosité ouverte.

Selon la classification de l'IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), les pores sont répartis en trois groupes [18] :

- Les pores de diamètres supérieurs à 50 nm appelés macropores,
- Les pores de diamètres compris entre 2 et 50 nm appelés mésopores,
- Les pores de diamètres inférieurs à 2 nm appelés micropores.

Les micropores sont divisés en deux sous-groupes : les super-micropores dont la largeur des pores sont comprise entre 0,7 et 2 nm et les ultra-micropores de largeur inférieure à 0,7 nm [19].

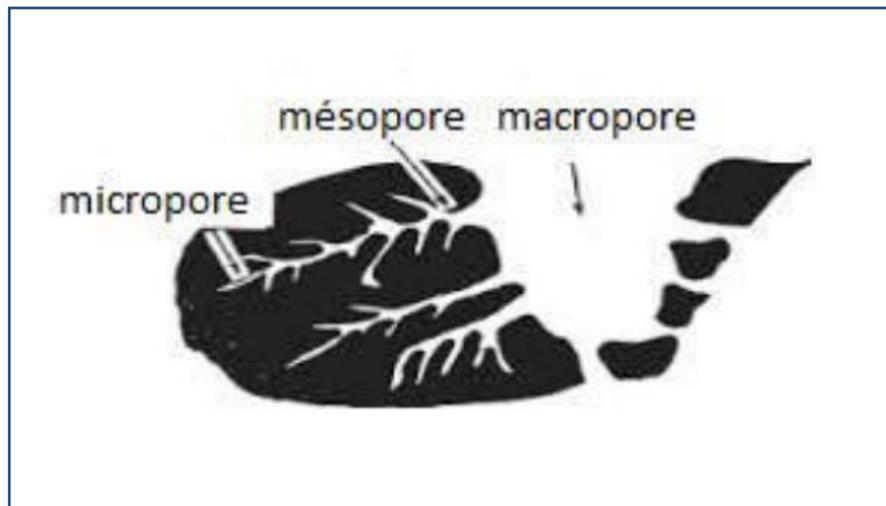


Figure-4 : Représentation schématique de la structure poreuse du charbon actif.

Par définition, la surface spécifique d'un adsorbant est une surface par unité de masse, généralement exprimée en $\text{m}^2.\text{g}^{-1}$, représentant l'aire disponible pour adsorber une monocouche de molécules. Pour le charbon actif, cette aire spécifique est comprise entre 500 et $2500 \text{ m}^2.\text{g}^{-1}$. Ce sont essentiellement les micro- et méso- pores qui créent de la surface. Plus la surface d'adsorption est grande, plus la quantité de matière adsorbée est importante. La surface spécifique est obtenue en appliquant la théorie de Brunauer, Emmett et Teller, dite méthode BET [20], à partir des mesures effectuées par d'adsorption-désorption d'azote à 77 K.

2.3. Adsorption par les carbones activés

2.3.1. Généralités sur l'adsorption

Le terme adsorption a été proposé pour la première fois par KAYSER, en 1881, pour différencier entre une condensation de gaz à la surface, et une absorption de gaz, processus dans lequel les molécules de gaz pénètrent dans la masse [21].

L'adsorption est un phénomène de surface universel. En effet, toute surface est constituée d'atomes n'ayant pas toutes leurs liaisons chimiques satisfaites. Dans le domaine de traitement des eaux, l'adsorption constitue une technique de choix pour l'élimination d'éléments dissous, le plus souvent à l'état de traces [22]. Les composés adsorbables sont donc en très faible concentration lorsque l'équilibre d'adsorption est atteint [23].

L'adsorption est parfois différenciée en adsorption physique et adsorption chimique. Dans l'adsorption physique, les forces de Van Der Waals agissent entre le composé adsorbé et l'adsorbant. Ce processus dégage une chaleur entre 8 et 21 KJ/mole.

En chimisorption, un lien chimique s'établit entre la substance adsorbée et l'adsorbant ; des modifications ont lieu dans les structures moléculaires, libérant une énergie comprise entre 40 et 200 KJ/mole. L'équilibre d'adsorption, entre adsorbant et adsorbât, dépend de nombreux facteurs dont les principaux sont le pH, la porosité, la température, la concentration, la nature de l'adsorbant (composition, structure, porosité et état granulométrique) et la nature de l'adsorbât [24].

Lors d'un transfert d'une phase liquide contenant l'adsorbat vers une phase solide avec rétention des solutés à la surface du solide appelé adsorbant. L'adsorption peut être décomposée en quatre étapes (Figure-5)

Etape 1 : Transfert de la particule → Très rapide.

Etape 2 : Déplacement de l'eau liée jusqu'à être en contact du solide → Rapide.

Etape 3 : Diffusion à l'intérieur du solide sous l'influence du gradient de concentration → Lente.

Etape 4 : Adsorption dans un micropore → Très rapide

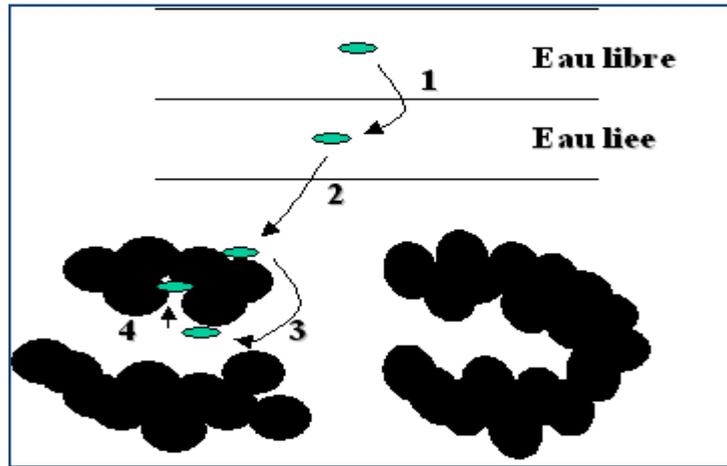


Figure-5 : Etapes décrivant le phénomène d'adsorption [25].

2.3.2. Type d'adsorption

Selon les types et la nature des interactions adsorbant-adsorbé ou les forces qui maintiennent les adsorbés sur la surface solide, on distingue deux types d'adsorption : la physisorption et la chimisorption [26].

2.3.2.1 Adsorption physique (Physisorption)

C'est une adsorption de type physique, qui se produit lorsque les forces qui fixent l'adsorbé dans une couche à la surface de l'adsorbant sont du même ordre que les forces de **Van der Waals** (Figure-6).

Ce type d'adsorption se caractérise par :

- La rapidité dans l'établissement de l'équilibre entre la phase adsorbée et la phase fluide ;
- Une chaleur d'adsorption sensiblement du même ordre que la chaleur de liquéfaction du gaz adsorbé ;
- Une réversibilité relativement facile et une absence de spécificité [27].

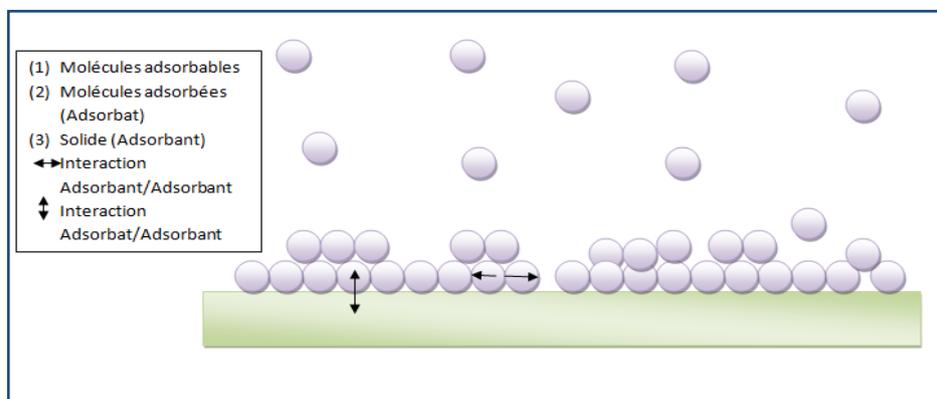


Figure-6 : Schéma de l'adsorption physique [27].

2.3.2.2 Adsorption chimique (Chimisorption)

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

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

Quand les conditions s'y prêtent, l'adsorption chimique peut assez souvent se superposer à l'adsorption physique [27].

Tableau-2 : Principales différences entre la Physisorption et la Chimisorption [28,29].

Propriétés	Adsorption physique	Adsorption chimique
<ul style="list-style-type: none"> • Température du processus • Liaison entre liquide et solide 	Relativement basse Physique, type Van Der Waals	Plus élevée Chimique, type covalent plus caractère ionique
<ul style="list-style-type: none"> • Effet à distance • Energie 	Adsorption en plusieurs couches possible Faible	Adsorption en mono couche Plus élevée
<ul style="list-style-type: none"> • Désorption 	Facile	Difficile
<ul style="list-style-type: none"> • Cinétique 	Très rapide	Très lente

2.4. Mécanisme d'adsorption

Aux interfaces, les attractions intermoléculaires ne sont pas compensées dans toutes les directions, et il subsiste des forces résiduelles dirigées vers l'extérieur. Ces forces représentent une énergie superficielle des liquides et elles sont neutralisées lorsque des particules mobiles (un gaz ou un soluté) se fixent en surface : on dit qu'elles s'adsorbent.

La force qui retient une molécule adsorbée dépend de la configuration spatiale de l'interface [30].

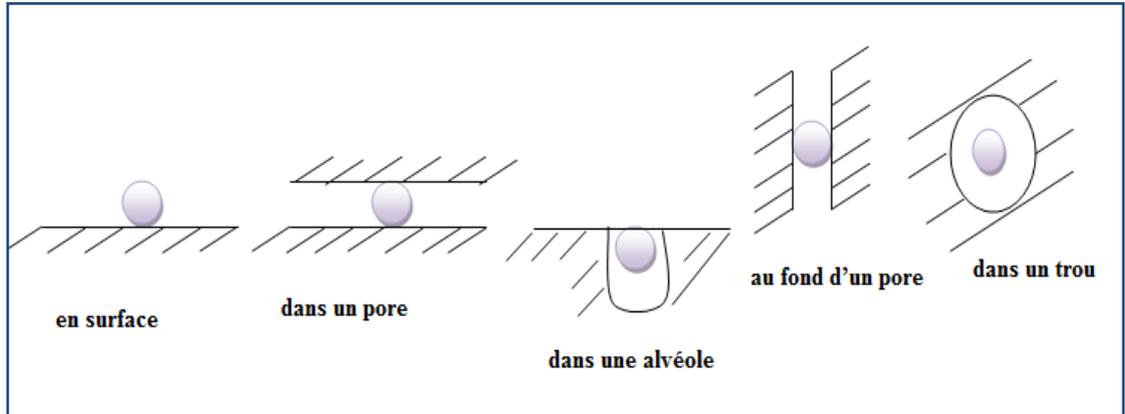


Figure-7 : Configuration spatiale des différentes interfaces.

2.5. Isothermes d'adsorption

La capacité des adsorbants à adsorber les différents constituants d'un mélange constitue le facteur le plus déterminant pour les performances de la majorité des procédés d'adsorption. Il est par conséquent essentiel de bien connaître les propriétés d'équilibre adsorbat-adsorbant, pour pouvoir concevoir et dimensionner les procédés d'adsorption. Les quantités adsorbées à l'équilibre sont généralement caractérisées par des isothermes d'adsorption déterminées à une température donnée [31].

On peut classer les équations d'adsorption en mode statique, selon leur ordre chronologique d'apparition et également par ordre de complexité théorique et mathématique, comme suit : l'équation de Langmuir, Freundlich et BET (Brunauer, Emmett et Teller). Par la suite d'autres équations ont été développées [32].

2.5.1. Isotherme de Langmuir [33]

L'isotherme de Langmuir est proposée en 1918. C'est un modèle simple et largement utilisé. Il décrit la plupart des réactions d'adsorption. Il est basé sur les hypothèses suivantes :

- Le nombre de sites d'adsorption sur la surface est limité.
- Un site ne peut adsorber qu'une seule molécule.
- La surface est recouverte au maximum par une couche.
- La réaction d'adsorption est réversible.
- La surface est énergiquement homogène.
- Il n'y a pas d'interaction entre les molécules adsorbées.

Tout ceci revient à dire que l'adsorption ne concerne qu'une monocouche.

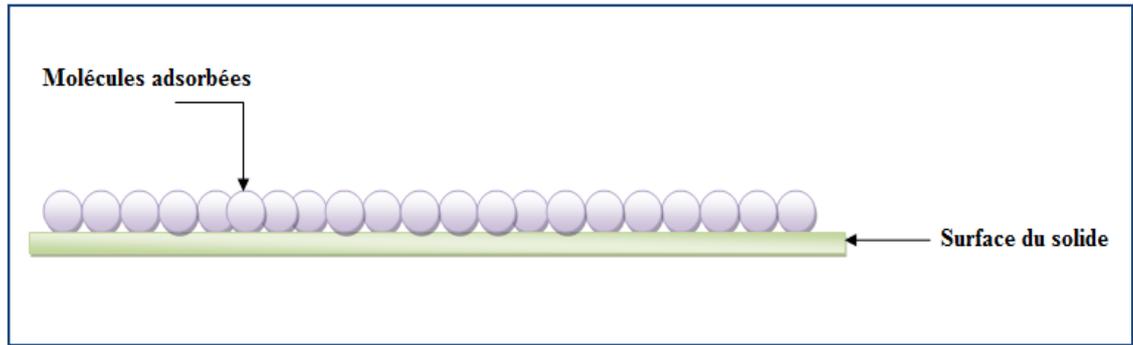


Figure-8 : Modèle d'une monocouche.

L'équation de l'isotherme de Langmuir est la suivante :

$$\frac{x}{m} = \frac{b(x/m)_0 C_e}{1 + b C_e} \quad (2.1)$$

C_e : concentration à l'équilibre, exprimé en (mg/l) ;

(x/m) : quantité adsorbée à l'équilibre, en (mg/g) ;

$(x/m)_0$: capacité maximale d'adsorption de la monocouche, en (mg/g) ;

b : paramètre de Langmuir.

L'équation est linéarisable de la manière suivante :

$$\frac{C_e}{x/m} = \frac{1}{b(x/m)_0} + \frac{C_e}{(x/m)_0} \quad (2.2)$$

L'équation obtenue est une droite de pente $1/(x/m)_0$ et d'ordonnée à l'origine $1/b(x/m)_0$; C_e qui permet de déterminer deux paramètres d'équilibre de la relation : $(x/m)_0$ et b .

Ce modèle peut présenter quatre types d'isothermes liés aux divers modes de fixation du soluté sur le solide [34] :

- **Type S** : indique une adsorption verticale de molécules monofonctionnelles polaires, sur un adsorbant polaire et dans un solvant polaire.
- **Type L** : indique une adsorption à plat de molécules bifonctionnelles.
- **Type H** : ne commence pas par zéro mais à une valeur positive, indique une haute affinité. Signifie qu'aux faibles concentrations l'adsorption est totale.
- **Type C** : ligne droite croissante, signifie qu'il y a compétition entre le solvant et le soluté pour occuper les sites, avec toujours le même partage (partage constant) ;

concerne des molécules flexibles pouvant pénétrer loin dans les pores pour y déplacer le solvant.

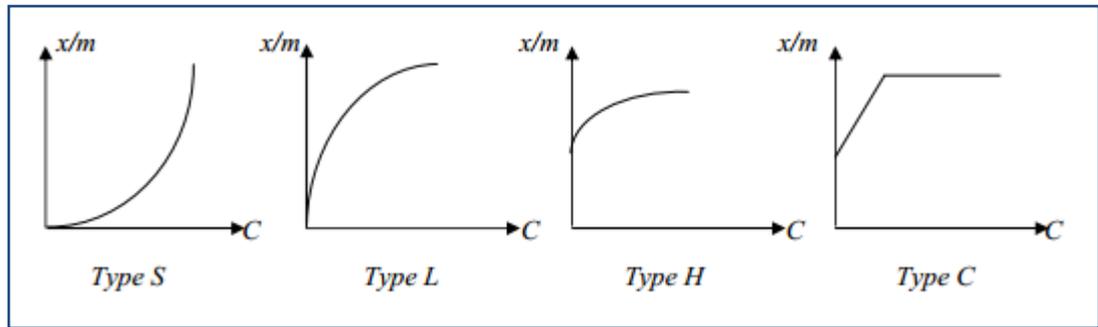


Figure-9 : Les différents types d'isothermes de Langmuir.

2.5.2. Isotherme de Freundlich

En 1926, FREUNDLICH a établi une isotherme très satisfaisante qui peut s'appliquer avec succès à l'adsorption, mais qui a été principalement utilisée pour l'adsorption en solution [35].

Elle repose sur l'équation empirique suivante :

$$\frac{x}{m} = K_F \cdot C_e^{1/n} \quad (2.3)$$

Où :

x : nombre de grammes de substances adsorbées ;

m : nombre de grammes de la substance adsorbant ;

(x/m) : quantité adsorbée par gramme de solide en (mg/g) ;

C_e : concentration à l'équilibre en mg/l ;

K_F et n : paramètres de Freundlich, caractéristiques de la solution et de l'adsorbant, déterminés expérimentalement.

Cette équation peut être décrite dans sa forme logarithmique :

$$\ln x/m = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (2.4)$$

On obtient une droite de pente $1/n$ et d'ordonnée à l'origine égale à $\ln K_F$, d'où on tire les constantes de Freundlich K_F et n .

2.5.3 Isotherme de BET (BRUNAUER, EMMETT, TELLER)

L'isotherme de BET, proposée en 1938, repose sur les hypothèses suivantes :

- plusieurs couches successives de molécules peuvent être fixées sur l'adsorbant ;
- les sites d'adsorption sont distribués uniformément à la surface de l'adsorbant ;
- chaque site est indépendant des sites voisins ;
- l'énergie d'adsorption retient la première couche de molécules, alors que l'énergie de condensation retient les molécules successives suivantes [36].

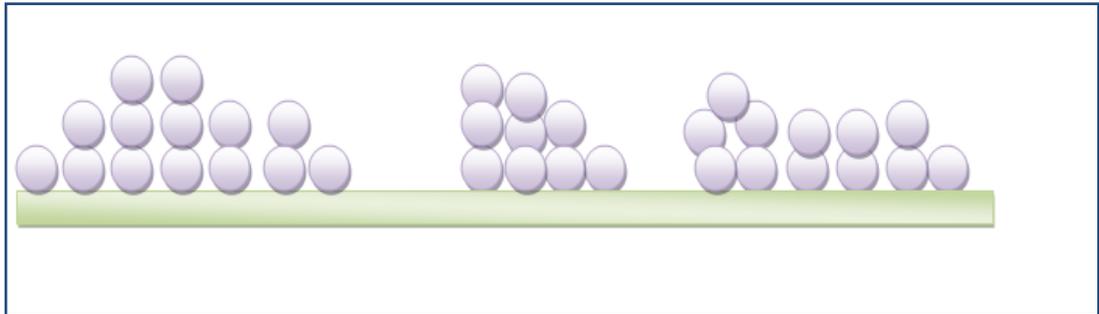


Figure-10 : Modèle des multicouches

L'équation de l'isotherme d'adsorption de BET s'écrit :

$$\frac{C}{(C_s - C) \left(\frac{x}{m}\right)} = \frac{1}{A(x/m)_0} + \frac{A-1}{A(x/m)_0} \frac{C}{C} \quad (2.5)$$

Où :

C_s : Concentration de saturation en (mg/l).

(x/m) : Quantité adsorbée, en (mg/g).

$(x/m)_0$: Capacité maximale d'adsorption de la monocouche, en (mg/g)

A : Constante déterminée empiriquement.

2.5.4. Isotherme de Temkin

Temkin se base sur le fait que la chaleur d'adsorption varie linéairement avec le degré de recouvrement ; cette variation peut être liée à l'hétérogénéité de la surface, ou à des interactions latérales entre molécules adsorbées [37].

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

$$\theta = \frac{RT}{\Delta Q} \cdot \ln K_0 \cdot C_e \quad (2.6)$$

θ Représente le taux de recouvrement de la surface de l'adsorbant, il est donné par la relation :

$$\theta = \frac{x/m}{(x/m)_0} \quad (2.7)$$

Où :

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

K_0 : Constante d'équilibre

ΔQ : Variation de la chaleur d'adsorption (kJ/mole)

(x/m) : Quantité adsorbée, en (mg/g)

$(x/m)_0$: Capacité maximale d'adsorption, en (mg/g)

La linéarisation du modèle de Temkin donne l'équation suivante :

$$\left[\frac{x}{m} \right] = \left[\frac{x}{m} \right]_0 \cdot \frac{RT}{\Delta Q} \cdot \ln K_0 + \left[\frac{x}{m} \right]_0 \cdot \frac{RT}{\Delta Q} \cdot \ln C_e \quad (2.8)$$

Si on trace $(x/m) = f(\ln C_e)$, on obtient une droite de pente et d'ordonnée à l'origine qui nous permettent le calcul de K_0 et ΔQ .

2.6. Cinétique d'adsorption

La connaissance de la cinétique de l'adsorption présente un intérêt pratique considérable pour la mise en œuvre d'un adsorbant dans une opération industrielle.

L'équilibre d'adsorption d'un mélange est atteint plus ou moins vite selon la vitesse d'adsorption. Ce sont les étapes de transfert de masse externe et du transfert interne qui imposent la vitesse globale d'adsorption. En effet, il est admis que l'adsorption d'un composé sur un solide poreux a lieu selon un processus comportant 03 étapes :

-Le transfert de masse externe, impliquant le transfert et la diffusion de l'adsorbât au travers du film liquide vers la surface de l'adsorbant ;

-Le transfert de masse interne, impliquant la diffusion de l'adsorbât dans les pores de l'adsorbant, de la surface extérieure vers les sites actifs ;

- L'adsorption proprement dite.

C'est généralement l'étape de transfert interne qui limite la vitesse d'adsorption dans le cas d'un solide poreux. Si l'adsorbant n'est pas poreux, c'est l'étape du transfert de masse externe qui contrôle la vitesse d'adsorption [38].

La (Figure-11) schématise les transferts de matière successifs.

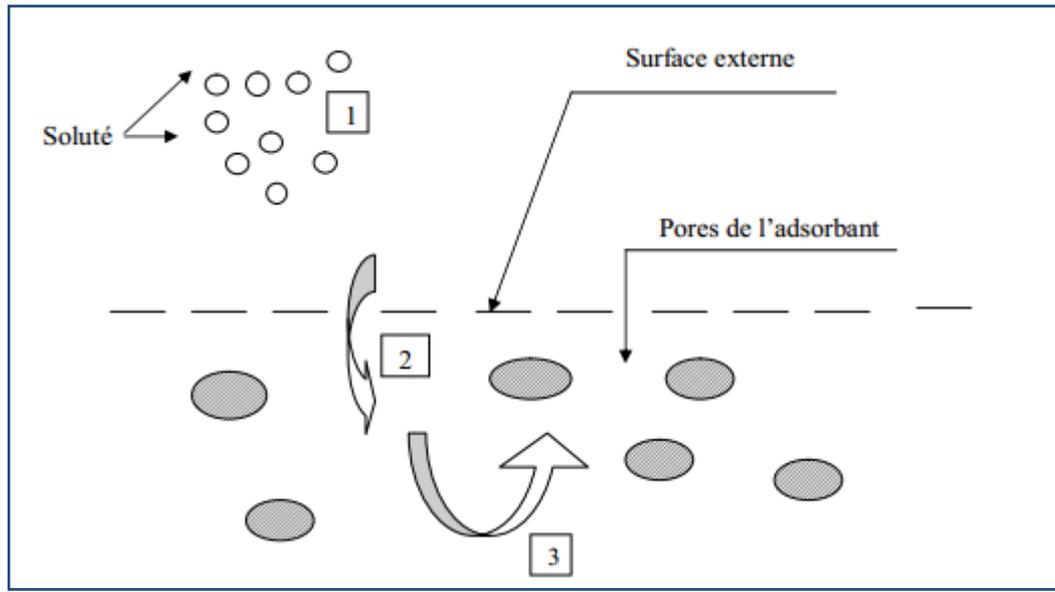


Figure-11 : Etapes de la diffusion d'une molécule lors de son adsorption.

- (1) : Le soluté diffuse vers l'adsorbant.
- (2) : Le soluté diffuse dans les pores de l'adsorbant.
- (3) : L'adsorption a lieu.

2.7. Conclusion

L'élimination par adsorption sur le charbon actif est destinée à traiter les polluants qui se trouvent à l'état de traces ou à de faibles concentrations (par exemple notre cas les polluants dans l'eau de puits), car dans le cas contraire, de fortes concentrations en polluants entraînent rapidement la saturation de la surface adsorbant, ce qui nécessite des réactivations fréquentes qui peuvent s'avérer coûteuses.

Le charbon actif est un matériau qui n'intervient surtout au niveau tertiaire dans les chaînes de traitement des eaux et de raffinage ou pour extraire et récupérer les métaux lourds des eaux résiduaires industrielles.

PARTIE

EXPÉRIMENTALE



CHAPITRE 03
MATÉRIELS ET MÉTHODES



3.1. Introduction

L'échantillonnage d'une eau comprend la préparation du prélèvement, le prélèvement proprement dit, le conditionnement de l'échantillon, ainsi que son stockage jusqu'au moment où l'eau est analysée. Chacune de ces étapes est importante pour assurer la fiabilité des résultats d'analyses [39].

Dans ce chapitre nous avons présenté le lieu de prélèvement avec la préparation par ce processus d'un charbon actif à partir de noyaux d'olives local qui sera utiliser comme adsorbant pour traiter une eau contaminée comme les eaux des puits .

3.2. Choix des points de prélèvement

Le choix de la région d'étude est basé sur plusieurs critères, les plus importants sont :

- ✓ le choix des zones espacées avec des présences d'eau dans les puits qui ce que nous voulons étudier.
- ✓ La population qui consomme les eaux du puits de l'Atteuf, Thenia, Daïa ben dahoua si qu'il y a une absence d'études sur la qualité physico-chimique des eaux de cette nappe phréatique.
- ✓ La présence de l'eau qui est un facteur limitant majeur dans la mise en valeurs des terres dans les régions sahariennes.

Tableau-3 : Liste des zones échantillonnées.

N ⁰ de Puits	Nom de forage	Nappe
P1	EL ATTEUF	Phréatique
P2	THENIA EL MAKHZEN	Phréatique
P3	DAIA BEN DAHOUA	Phréatique

Nous sommes proposés d'étudier les eaux des puits de la vallée M'Zab , qui sont au nombre trois (03) répartis à travers la zone Daïa ben Dahoua ,Ghardaïa (Thenia) et l'Atteuf .



Figure-12 : Localisation des points de prélèvement [40].

La Figure 13 montre le point de prélèvement au niveau de puits dans la zone Daïa ben Dahoua à mardi 03/04/2018 à 9h00.



Figure-13 : Vue interne de puits ciblé

3.3. Synthèse et préparation de charbons actifs

L'objectif de cette étude consiste en la préparation des charbons actifs à partir de noyaux d'olives local afin d'obtenir un produit applicable dans le traitement des eaux. Les agents activant utilisés sont un sel ($ZnCl_2$), un acide (H_3PO_4) et une base ($NaOH$). Donc cette étude présente un intérêt double. Tout d'abord, il s'agit de préparer des charbons actifs. En second lieu, d'utiliser ces charbons dans le traitement des eaux.

3.3.1. Origine de matériau brut

Le matériau brut issu de l'agriculture que nous avons testé. Il s'agit des noyaux d'olives (NO), Les noyaux ont été récoltés dans la région d'Oued METLILI située au sud du METLILI.

3.3.2. Préparation de charbons actifs

3.3.2.1. Les réactifs utilisés

Les principaux réactifs utilisés pour la préparation de charbon actif est :

- ❖ Acide phosphorique H_3PO_4 (85%, d : 1.76, M : 98 g/mol) ;
- ❖ L'hydroxyde de sodium $NaOH$ (98% d : 2.13, M : 40 g/mol) ;
- ❖ Chlorure de zinc $ZnCl_2$ (98% d : 2.9, M : 136 g/mol).

3.3.2.2 Les protocoles de synthèses

La procédure de synthèse se résume selon les protocoles suivants :

- Protocole de synthèse matière brute.
- Protocole de carbonisation ou bien charbon brute.
- Protocole d'activation chimique.

A-Protocole de synthèse matière brute

Les noyaux d'olives, ont été lavés plusieurs fois avec de l'eau distillée jusqu'à la disparition de l'odeur et l'obtention d'une eau de rinçage claire.

Les noyaux ont été séchés pendant 24 heures à une température de 105 °C dans une étuve. Ensuite les noyaux ont été broyés et tamisés (le diamètre de tamisage ont été utilisé est 1.6 mm) pour obtenir une poudre, puis lavés plusieurs fois avec de l'eau distillée pour éliminer les impuretés (la poussière et des substances hydrosolubles) puis séchés à 105°C pendant 24 h avant de subir une activation.

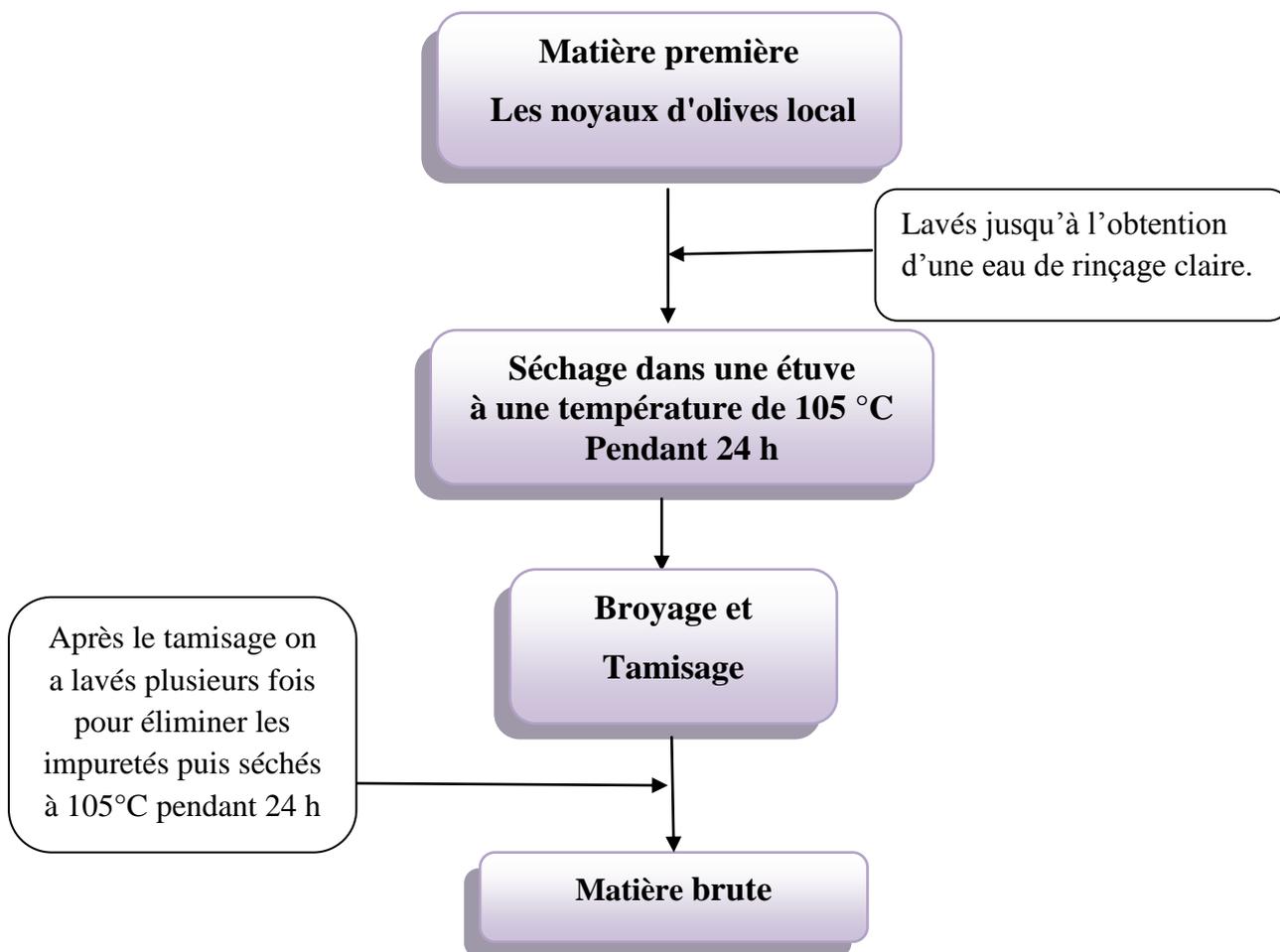


Figure-14 : Procédure de synthèse matière brute

B-Protocole de carbonisation

D'après la préparation de matière brute il faut carboniser à une température de 400°C dans un four à moufle (FOUR PROTHERM) pendant une durée déterminée préalablement et qui est de 30 minutes.

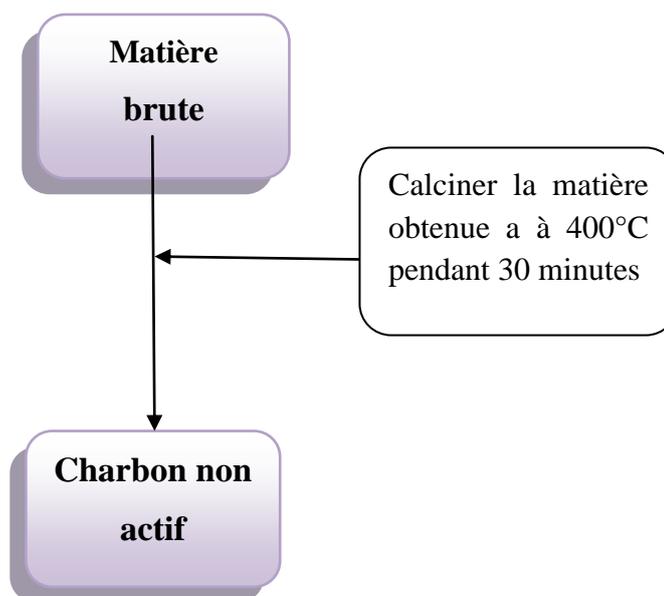


Figure-15 : Procédure de carbonisation

C-Protocole d'activation chimique

Le Charbon non active obtenu a été activé par le sel (ZnCl_2) avec la même procédure, même chose pour l'activation avec l'acide (H_3PO_4) et la base (NaOH).

Pour l'activation de notre charbon, nous avons ajouté 50 g d'échantillon (charbon non actif) dans le mélange d'acide phosphorique H_3PO_4 (3N) et la solution de chlorure de Zinc ZnCl_2 (2N) en raison de leur caractère déshydratant. Le volume d'acide phosphorique ajouté est 50 ml même chose que le volume chlorure de Zinc.

Le mélange charbon actif /agent activant est introduit ensuite dans un ballon muni d'un réfrigérant. On soumet l'ensemble à une agitation thermique en le laissant bouillir pendant 03 heures (température environ 100°C).

Le charbon active par l'acide phosphorique H_3PO_4 et chlorure de Zinc ZnCl_2 récupérée est lavé, ensuite abondamment à l'eau distillée chaude, et on ajoutant quelques gouttes de base

NaOH, afin d'éliminer l'excès d'agent activant ainsi que la fraction soluble des cendres et ce en Mesurant le pH après chaque lavage jusqu'à obtention d'un pH neutre 7.

et finalement la matière obtenue est filtrée afin de récupérer le filtrat et la matière obtenue est placée dans une étuve 105°C pendant 24 heures.

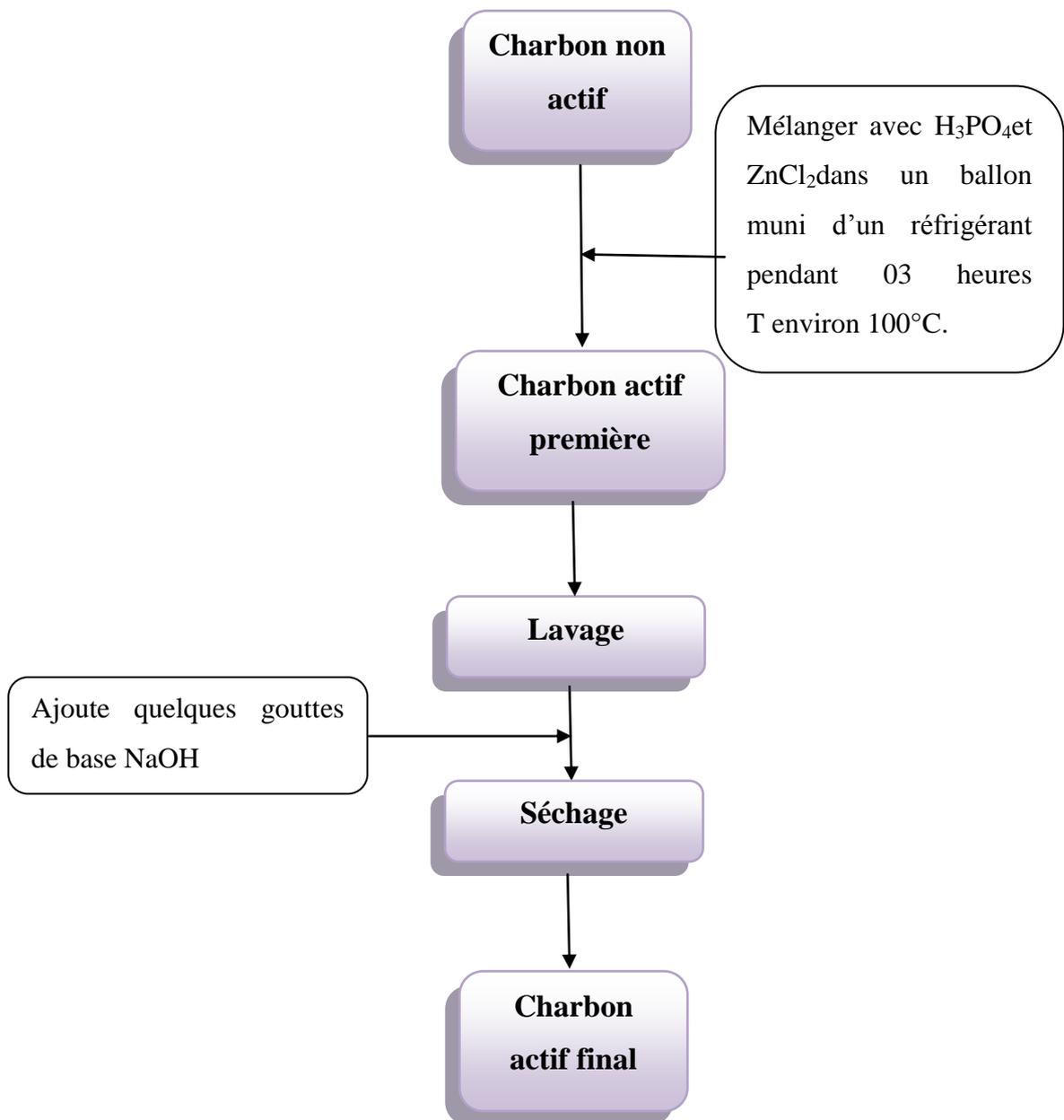


Figure-16 : Procédure d'activation chimique

3.4. Caractérisations de charbon actif des noyaux d'olives préparés

3.4.1. Détermination de la distribution granulométrique

La granulométrie est l'étude de la répartition des éléments selon leur taille, dans le cas d'un matériau fractionné. C'est une caractéristique fondamentale, en relation directe avec toutes les opérations unitaires de broyage, séparation, mélange et transfert. La méthode de détermination de la granulométrie la plus simple est obtenue par passage au travers d'une série de tamis de mailles décroissantes appelée tamisage à sec qui est l'une des plus anciennes méthodes d'analyse granulométrique [36].

Le tamisage d'un échantillon de noyaux d'olives a été effectué par des tamis d'analyse (BeraTest, ISO 3310-1 BS410-1).

3.4.2. Détermination du pH

La détermination du pouvoir adsorbant est obtenue en mettant des solutions aqueuses en contact avec le matériau à pH fixe ; d'où la nécessité de quantifier l'apport en acidité lorsque le solide est en contact avec la solution.

Mode opératoire :

Dans un litre d'eau distillée, on introduit 1g de noyaux d'olives de façon à le mouiller totalement. Le mélange est laissé au repos pendant 24 heures, puis on mesure son pH à l'aide d'un pH mètre à la température ambiante. L'opération est répétée trois fois afin d'avoir un pH moyen [36].

3.4.3. Détermination de la teneur en humidité

En pratique, tous les solides par leur contact permanent avec l'air ou par leur stockage, se charge d'une certaine humidité. En effet, les molécules d'eau diffusent dans le corps de la substance, se font piéger dans la structure, même à la surface du corps. La quantité d'eau retenue par un solide diffère d'un corps à un autre et dépend d'un certain nombre de paramètres.

Mode opératoire :

Dans un creuset on met 5 g de noyaux d'olives et on le pèse. Ensuite on le met dans une étuve à 105°C pendant une heure. A sa sortie de l'étuve, on le met pendant 30 minutes dans un dessiccateur puis on le repèse.

La formule suivante permet le calcul du taux d'humidité relatif des noyaux d'olives [36].

$$H \% = \frac{(P_1 - P_2)}{P_1} \cdot 100 \quad (3.1)$$

P_1 : Le poids du creuset remplis avant séchage en (g).

P_2 : Le poids du creuset remplis après séchage en (g).

3.4.4. Détermination de la teneur en cendre [36]

Les cendres sont le critère utilisé pour la détermination de la contamination en produits inorganiques dans les matériaux de départ.

Mode opératoire :

Un échantillon de 1g de noyaux d'olives est séché à l'étuve pendant 12 heures puis placé dans un creuset de porcelaine. Ce creuset est introduit dans le four et on chauffe pendant 45 min jusqu'à 600°C. Une fois que la carbonisation est terminée on laisse refroidir le four et on pèse le creuset. Le taux de cendre est calculé par la formule suivante :

$$\text{Cendre \%} = \frac{(P_1 - P_0)}{P_1} \cdot 100 \quad (3.2)$$

P_0 : Le poids du creuset remplis avant carbonisation en (g).

P_1 : Le poids du creuset remplis après carbonisation en (g).

3.4.5. Détermination de la densité apparente [36]

La densité apparente est la densité du solide sec, concernant l'ensemble fraction solide et pores. Elle est déterminée par la méthode suivante :

Mode opératoire :

L'opération consiste à peser une éprouvette de 100 ml vide, la remplir avec les noyaux d'olives broyés en poudre jusqu'à 100ml puis, la repeser. La formule suivante permet le calcul de la densité apparente des noyaux :

$$D = \frac{(P_1 - P_0)}{100} \quad (3.3)$$

P_0 : Le poids de l'éprouvette vide.

P_1 : Le poids de l'éprouvette remplie.

3.4.6. Détermination de la porosité [36]

La porosité est une des propriétés essentielles des adsorbants. Elle est due à la présence de pores, de canaux et de cavités de différentes dimensions dans la structure des solides. La porosité influence la diffusion des molécules à l'intérieur du solide.

Mode opératoire :

Dans une éprouvette de 10ml, on met un volume du solide de masse M_1 on ajoute du méthanol M_2 jusqu'à atteindre le volume de 2ml dans l'éprouvette. La porosité (\mathcal{E}) est déterminée par la formule suivante :

$$\mathcal{E} = \frac{V_1}{V_t} = \frac{\left\{ \left[\frac{(M_2 - M_1)}{P_{\text{méth}}} \right] - V_2 \right\}}{V_t} \quad (3.4)$$

Tel que :

M_2 : la masse de l'éprouvette rempli de solide (g).

M_1 : la masse de l'éprouvette rempli de solide et de méthanol (g).

V_2 : volume du méthanol absorbé par le solide.

V_t : volume total dans l'éprouvette.

$P_{\text{méth}}$: densité du méthanol.

3.5. Méthode d'analyse au laboratoire

3.5.1. Les Paramètres physico-chimiques

3.5.1.1. Détermination électrométrique du pH [41]

➤ Principe

Le pH d'une solution est le logarithme ordinaire négatif de l'activité d'ions d'hydrogène:

Le pH est en relation avec la concentration des ions hydrogène [H^+] présent dans l'eau ou les solutions. Cette méthode s'applique à notre eau dont la température est comprise entre 0 et 60°C. La zone de détermination de cette méthode s'étend de pH 2,00 à pH 10,00

Les échantillons sont prélevés dans des bouteilles en verre ou en polyéthylène. Ils sont conservés entre 1°C et 5 °C

3.5.1.2. Détermination de Conductivité électrique [41]

➤ Principe

La conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre et ramené à la température de 25°C.

La valeur de la conductivité est un paramètre cumulé pour la concentration en ions d'une solution mesurée, plus une solution contient de, sel, d'acide ou de base, plus sa conductivité est élevée. La conductivité électrique s'exprime généralement en micro siemens par centimètre ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

Cette méthode s'applique à notre eau de puits. La zone de détermination de cette méthode s'étend de 50 à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

➤ Principe

Comparaison de la lumière diffusée et la lumière transmise par l'échantillon d'eau et par une gamme étalon constituée de solutions de formazine.

La mesure de la lumière diffusée est significative pour les eaux de faible turbidité non visible à l'œil nu (par exemple les eaux de boisson).

La mesure de la lumière transmise est significative pour les eaux de turbidité visible à l'œil nu (par exemple les eaux polluées) et pour les eaux de faible turbidité contenant des substances qui ne diffusent pas.

Pour tout échantillon d'eau, la mesure de la lumière diffusée et de la lumière transmise permet la détection de matières non dissoutes, absorbant mais diffusant mal, qui passeraient inaperçues par la seule mesure de la lumière diffusée [42].

Cette méthode de dosage s'applique aux eaux de distribution, souterraines et de surface. La zone de détermination de cette méthode est de 0 à 4000 NTU (Unités Néphélométriques de Turbidité).

3.5.1.4. Les solides totaux dissous (TDS)

TDS ou bien les solides totaux dissous sont constitués principalement de substances inorganiques dissoutes dans l'eau. Les principaux constituants des solides dissous sont les chlorures, les sulfates, les bicarbonates, le calcium, le magnésium et le sodium. TDS influent sur la conductivité alors sa valeur doit être mesurée, l'unité de TDS est mg/l [41].

3.5.2. Les paramètres chimiques

Les paramètres à étudier sont : les cations (Ca^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ , Fe^{2+} , TH) et les anions (Cl^- , SO_4^{2-} , NO_2^- , NO_3^{2-} , PO_4^{3-} , TAC), par des différentes méthodes comme suit :

3.5.2.1. Dosage par les méthodes Spectrophotométrique

A. Dosage de l'ammonium de (NH_4^+) [42]

➤ Principe

Mesure spectrométrique à environ 655nm du composé bleu formé par réaction de l'ammonium avec les ions salicylate et hypochlorite en présence de Nitropruciate de sodium

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l d'ammonium.

B .Dosage des Nitrites (NO_2^-) [42]

➤ Principe

Les nitrites réagissent avec le Sulfanilamide pour former un composé diazoïque qui, après copulation avec le N1 Naphtyléthylène diamine dichlorure donne naissance à une coloration rose mesurée à 543nm.

* L'apparition de la coloration rose indique la présence des NO_2^- .

Effectuer la lecture à 543 nm.

✓ Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l de nitrites.

C. Dosage des Nitrates NO_3^-

➤ Principe

En présence de salicylate de sodium, les nitrates donnent du paranitrosnylate de sodium coloré en jaune et susceptible d'un dosage colorimétrique [42].

D. Dosage du Phosphates (PO_4^{3-})

➤ Principe

Formation en milieu acide d'un complexe avec le molybdate d'ammonium et le tartrate double d'antimoine et de potassium. Réduction par l'acide ascorbique en un complexe coloré en bleu qui présente deux valeurs maximales d'absorption l'une vers 700 nm, l'autre plus importante à 880 nm [42].

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du phosphore.

E. Dosage du Fer Fe^{+2}

Le dosage se fait par spectrométrie moléculaire: Après oxydation en milieu acide, le fer est réduit à l'état ferreux et dosé par spectrophotométrie en utilisant la coloration rouge donnée par les sels ferreux avec laPhénanthroline1,10[42].

❖ Mesurer l'absorbance à l'aide d'un spectrophotomètre UV VIS à 510 nm en utilisant une cuve de 50 mm .

✓ Expression des résultats

Les résultats sont affichés directement par le spectromètre en mg/l du Fer.

3.5.2.2. Méthode Titrimétrique a l'EDTA

A. Dosage du Calcium (Ca^{2+})

➤ Principe

Titration des ions calcium avec une solution aqueuse de sel disodique de l'acide éthylènediamine tertiaire(EDTA) à un pH comprise entre 12 et 13.

Le HSN, qui forme un complexe rouge avec le calcium, est utilisé comme indicateur.

La magnésium est précipité sous forme d'hydroxyde et n'interfère pas lors du dosage.

Lors du titrage, l'EDTA réagit tout d'abord avec les ions calcium combinés avec l'indicateur qui vire alors de la couleur rouge à la couleur bleu clair .

✓ Expression des résultats :

La teneur en Calcium ça exprimée en mg/l est donnée par l'équation :

:

$$[Ca^{2+}]mg/l = V1 \times F \times 8.016$$

B. Dosage de TAC (Titre alcalimétrique complet) :

➤ Principe

Se réalise par la méthode volumétrique. Le titre alcalimétrie complet ou TAC correspond à la teneur de l'eau en alcalis libres, carbonates et hydrogénocarbonates. Ces déterminations sont basées sur la neutralisation d'un certain volume d'eau par un acide minéral dilué en présence d'un indicateur coloré

C. Dosage des Chlorures (Cl⁻) (Méthode de Mohr)

➤ Principe

Réaction des ions chlorure avec des ions argent pour former du chlorure d'argent insoluble qui est précipité quantitativement. Addition d'un petit excès d'ions argent et formation du chromate d'argent brun-rouge avec des ions chromates qui ont été ajoutés comme indicateur. Cette réaction est utilisée pour l'indication du virage. Durant le titrage, le pH est maintenu entre 5 et 9.5 afin de permettre la précipitation [42].

✓ Expression des résultats

La concentration en chlorure exprimée en mg/l et donne par l'expression :

$$Cl = \frac{V_s * C * F * f}{V_a}$$

- ❖ $V_{AgNO_3}(V_s)$: Volume d'AgNO₃ nécessaire pour le dosage de l'échantillon.
- ❖ $V_a=100$
- ❖ C_{AgNO_3} : Normalité d'AgNO₃ =0.02.
- ❖ F : facteur de correction du titre d'Ag NO₃ =35453.
- ❖ f : facteur de dilution.

3.5.2.3. Méthode titrimétrique a l'EDTA

A. Dosage de la somme du calcium et magnésium :

Le titre hydrotimétrique d'une eu correspond à la somme des concentrations en cation métalliques à l' exception de ceux des métaux alcalins et de l'ion hydrogène.

➤ Principe

Titration par complexométrie du calcium et du magnésium avec une solution aqueuse de sel disodique d'acide éthylène – diamine tetraacétique(EDTA) à un pH de 10. Le mordant noir 11, qui donne une couleur rouge foncé ou violette en présence des ions calcium et magnésium est utilisé comme indicateur [42].

✓ **Expression des résultats**

La teneur globale en calcium et magnésium exprimée en mg/l et donne par l'expression :

$$[\text{TH}]_{\text{mg/l}} = V_{\text{EDTA}} \times F \times 20$$

[TH] : concentration de la dureté totale en mg/l.

V_{EDTA} : volume de l'EDTA en ml.

F : Facteur de dilution

3.5.2.4. Méthode gravimétrique

A. Dosage des Sulfates (SO_4^{2-})

➤ **Principe**

Les ions sulfates sont précipités à l'état de sulfate de baryum et évalués gravimétriquement.

❖ **Dosage**

Introduire 100ml d'eau à analyser dans un bécher. Ajouter 5ml d'acide chlorhydrique à 10%. Chauffer jusqu'à ébullition tumultueuse en agitant constamment pour éviter les projections. Faire tomber goutte à goutte 20 ml de solution de chlorure de baryum à 10%. Prolonger l'ébullition pendant 10 minutes sans interrompre l'agitation. Laisser reposer. S'assurer que la précipitation est complète par l'addition d'une petite quantité de chlorure de baryum.

Décanté le liquide surnageant encore chaud en le laissant écouler le long d'un agitateur au-dessus du filtre sans cendres. Laisser, placer sur un entonnoir de joulie. Entrainer le moins possible de précipiter au cours de cette opération.

Laver le précipité resté dans le bécher avec de l'eau bouillante. Agiter. Laisser déposer 5 minutes. Décanté à nouveau sur le filtre. Pour finir, entrainer le précipité sur le filtre, en détachant, avec un agitateur muni d'un bout de caoutchouc, la parcelle de sulfate adhérent aux parois du bécher. Laver le précipité à l'eau distillée bouillante jusqu'à ce que les eaux de lavage ne précipitent plus par le nitrate d'argent (élimination de l'excès de chlorure de baryum).

Laver une dernière fois à l'alcool puis à l'éther. Porter le filtre et l'entonnoir à l'étuve à 500 °C jusqu'à dessiccation complété. Renverser délicatement le filtre au-dessus d'une capsule de platine préalablement tarée après avoir été portée au rouge et refroidie dans un dessiccateur. Tapoter Légèrement le filtre pour faire tomber les particules adhérent au filtre.

Saisir la pointe du filtre entre les mors d'une pince métallique et calciner au-dessus de la capsule en laissant tomber la pointe avant que la flamme ne l'atteigne. Laisser refroidir. Ajouter 2 à 3 gouttes d'acide nitrique. Evaporer doucement en évitant les projections, de préférence au bain-marie. Calciner. Laisser refroidir dans un dessiccateur et peser. Soit P le poids de sulfate de baryum trouvé [42]

✓ **Expression des résultats**

Pour une prise d'essai de 100 ml.

$$C \text{ SO}_4^{2-} \text{ mg/l} = \Delta P * 4415.5$$

$C \text{ SO}_4^{2-}$ = Concentration du sulfate.

$$\Delta P = P_1 - P_v$$

D'où P_1 : est le poids plein de la capsule.

P_v : est le poids vide de la capsule.

Le résultat est donné directement en mg/l.

B. Détermination du Résidu Sec

➤ **Principe**

La détermination des résidus permet d'estimer la teneur en matières dissoutes et en suspension d'une eau. La détermination du résidu sur l'eau non filtrée permet d'évaluer la teneur en matières dissoutes et en suspension, c'est le résidu total. Si l'eau est filtrée préalablement à la mesure, le résidu correspond alors aux matières dissoutes [42].

Une certaine quantité d'eau est évaporée dans une capsule tarée. Le résidu desséché est ensuite pesé.

✓ **Expression des résultats**

Le résidu sec à 105-110°C, exprime en mg/l est donné par l'équation :

$$C_{\text{RSMg/l}} = (M_1 - M_0) * 20000$$

D'où

M_1 : La masse en g de la capsule.

M_0 : La masse en g de la capsule vide.

3.6. Conclusion

La partie plus importante dans ce chapitre est la préparation de charbon actif, nous avons vu comment préparer ce matériau et la caractérisation techniques avec les paramètres utilisées pour le traitement de nos échantillons. Pour cela, nous avons testé des techniques de valorisation validées lesquelles, humidité et pH....etc. Ainsi que nous avons vu le traitement des eaux de puits par notre charbon, donc le chapitre suivant pour l'interprétation des résultats d'analyses et discussions.



CHAPITRE 04
RÉSULTATS ET DISCUSSION



4.1. Introduction

Ce chapitre sera consacré à l'interprétation des résultats de caractérisations de notre matériau synthétique qui est le charbon actif de noyaux d'olives local afin de déterminer son efficacité, avec des analyses physico-chimiques des échantillons d'eau prélevés au niveau de la nappe phréatique (puits) de la zone de Daïa ,Thenia et l'Atteuf .

Le but de cette étude est l'élimination des éléments contaminant l'eau et diminuer le taux des sels, les ions de pollution avec présenter les caractéristiques physico-chimiques des eaux.

Cette étude portera également sur la potabilité de l'eau étudiée, pour cela, un certain nombre de diagrammes ont été élaborés qui permettront l'interprétation des résultats des analyses physico-chimiques .

L'interprétation des résultats obtenus sera présenté sous forme des tableaux et des diagrammes, les diagrammes illustres en comparant avec les paramètres utilisé dans cette étude avec les normes Algériennes (la norme est représentée par un chiffre qui fixe une limite supérieure à ne pas dépasser ou une limite inférieure à respecter (voir l'annexe 1).

4.2. Résultats et discussions des analyses effectuées

4.2.1. Caractérisation de charbon actif

4.2.1.1. Analyse de la distribution granulométrique

Les résultats du tamisage sont regroupés dans le tableau 4 et illustrés par la figure-17 qui donne la distribution granulométrique des noyaux d'olives.

Avec la masse totale de l'échantillon : $m_t = 100$ g

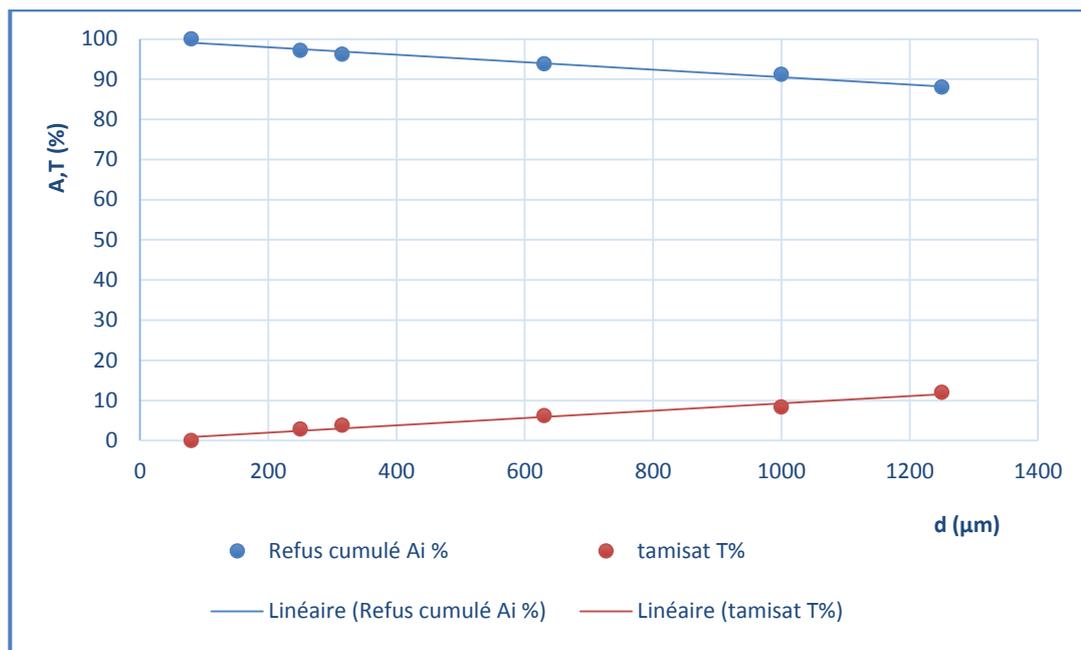


Figure-17 : Distribution granulométrique des noyaux d'olives

Le traitement par le charbon brut et traité montre une grande variation significative. D'après les résultats obtenus de la conductivité de l'eau de puits nous avons observé que la teneur est diminuée de 20 % après 7 jours et reste stable, l'opération est duré 20 jours avec le traitement par charbon traité, au point P3, et pour point 2 et 1 les résultats sont similaires, la l'absorption est importante de 30% après 12 jours et reste sable ce qui explique l'effet de tempes sur le phénomène d'adsorbants au niveau de la surface de charbon et on peut conclure que le temps de contact suffisant est de 7 -12 pour avoir des bons résultats

4.2.1.2. Détermination du pH

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau 5suivant :

Tableau-4 : Mesure du pH des noyaux d'olives.

N ° d'essai	Masse des noyaux d'olives (g)	pH de l'eau distillée	pH de la solution	pH moyen
1	1.000	6.27	6.58	6.576
2	1.003		6.57	
3	1.006		6.58	

4.2.1.3. La teneur en humidité

Après le calcul, les résultats sont regroupés dans le tableau 6 suivant :

Tableau-5 : Mesure du la teneur en humidité des noyaux d’olives.

Masse des noyaux d’olives (g)	Masse de Creuset (g)	P ₁	P ₂	Teneur en humidité %
5	53.9568	58.9568	58.91	0.0793

- P₁ : Le poids total avant séchage en (g)
- P₂ : Le poids total après séchage en (g)

Donc la teneur en humidité est égale à 0.0793 %.

4.2.1.4. La teneur en cendre

Après le calcul, les résultats sont regroupés dans le tableau 7 suivant :

Tableau-6 : Mesure du la teneur en cendre des noyaux d’olives.

Masse des noyaux d’olives (g)	Masse de Creuset (g)	P ₀	P ₁	Teneur en cendre %
1	53.9568	54.9568	53.820	2.0685

- P₀ : Le poids total avant carbonisation en (g)
- P₁ : Le poids total après carbonisation en (g)

Donc la teneur en cendre est égale à 2.0685 %.

4.2.1.5. La densité apparente

Après le calcul, les résultats sont regroupés dans le tableau 8 suivant :

Tableau-7 : Mesure de la densité apparente des noyaux d'olives.

Masse des noyaux d'olives (g)	P ₀	P ₁	Densité (D)
38.0272	96.8654	134.8926	0.3802

- P₀ : Le poids de l'éprouvette vide en (g)
- P₁ : Le poids de l'éprouvette remplie en (g)

Donc la densité apparente est égale à 0.3802 g/ml.

4.2.1.6. La porosité

Après le calcul, les résultats sont regroupés dans le tableau 9 suivant :

Tableau-8 : Mesure de la porosité des noyaux d'olives.

M ₁	M ₂	Volume du méthanol en (ml)	Volume du méthanol absorbé	Porosité (ε)
19.5915	17.9361	2	0.3	1.1977

- M₁ : Le poids de l'éprouvette rempli de solide et de méthanol en (g)
- M₂ : La masse de l'éprouvette rempli de solide en (g)

Donc la porosité est égale à 1.1977

4.2.2. Les analyses physico-chimiques de l'eau

4.2.2.1. Potentiel hydrogène (pH)

Le paramètre pH doit être compris entre : 6,5 et 8,5. Soit avec les normes algériennes et international (OMS).

Le graphique de pH, établi pour les 3 échantillons analysés au niveau de laboratoire, l'échantillon P-1 pour l'eau de puits de l'Atteuf, et P-2 pour l'eau de puits de Thenia et P-3 pour le Daïa.

Les résultats de notre analyse indiquent que les valeurs minimale et maximale sont respectivement de l'ordre de 8,36 au niveau de puits de Daïa P-3 et de 7,49 au niveau de puits de Thenia P-2 avant l'utilisation de charbon actif, la variation du pH est légèrement faible comme nous remarquons après l'utilisation de charbon actif, il y a une diminution de la valeur de pH dans tous les échantillons que nous avons étudié.

Selon ces résultats on peut conclure que le pH varie faiblement dans la fourchette de valeurs admise par les normes des eaux (6.5-8.5) après l'utilisation de charbon actif.

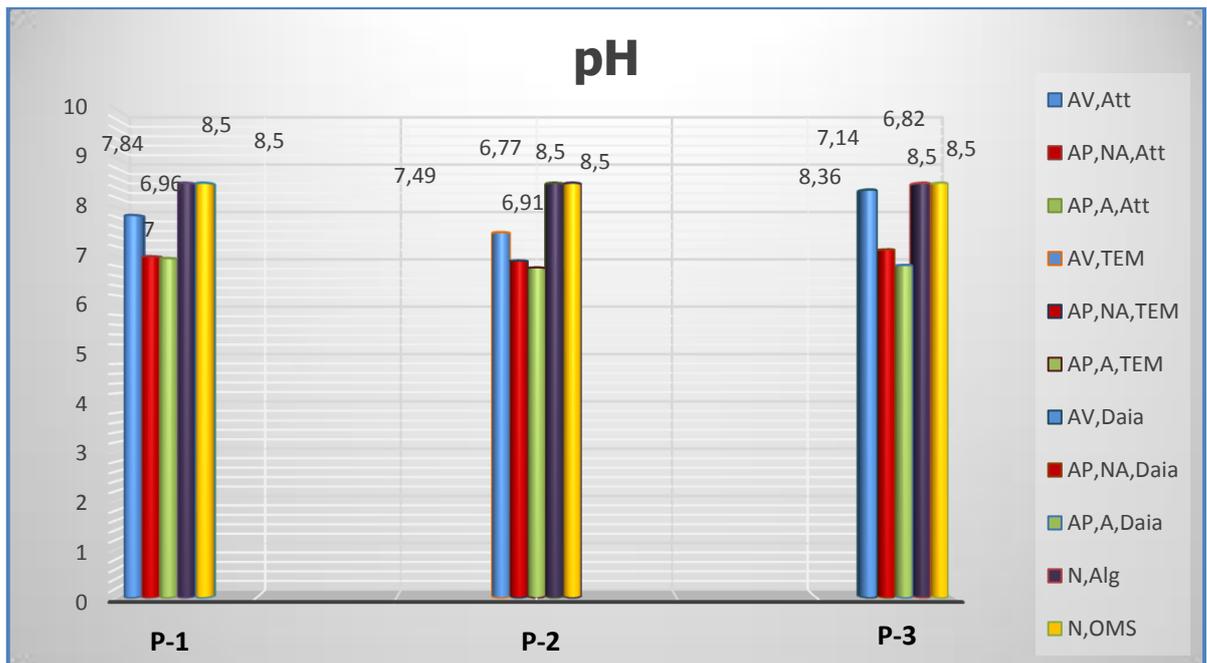


Figure-18 : Évaluation de pH des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.2. Conductivité électrique (CE)

La mesure de la conductivité nous informe sur la qualité des sels dissous dans l'eau.

Les valeurs minimale et maximale respectives au niveau du puits de Daïa et de l'Atteuf sont de l'ordre de 1179µs/cm et de 5480 µs/cm avant l'utilisation de notre matériau.

Comme nous le montre la figure-19, les valeurs de la conductivité électrique de l'eau prélevée à partir des puits de d Thenia et l'Atteuf pas conformes aux normes Algériennes ainsi que celles de l'OMS, la valeur de conductivité dépassé la valeur limite de norme soit avant ou après l'utilisation de notre matériau, Il y a aussi une diminution après l'addition de charbon, soit charbon actif ou non actif.

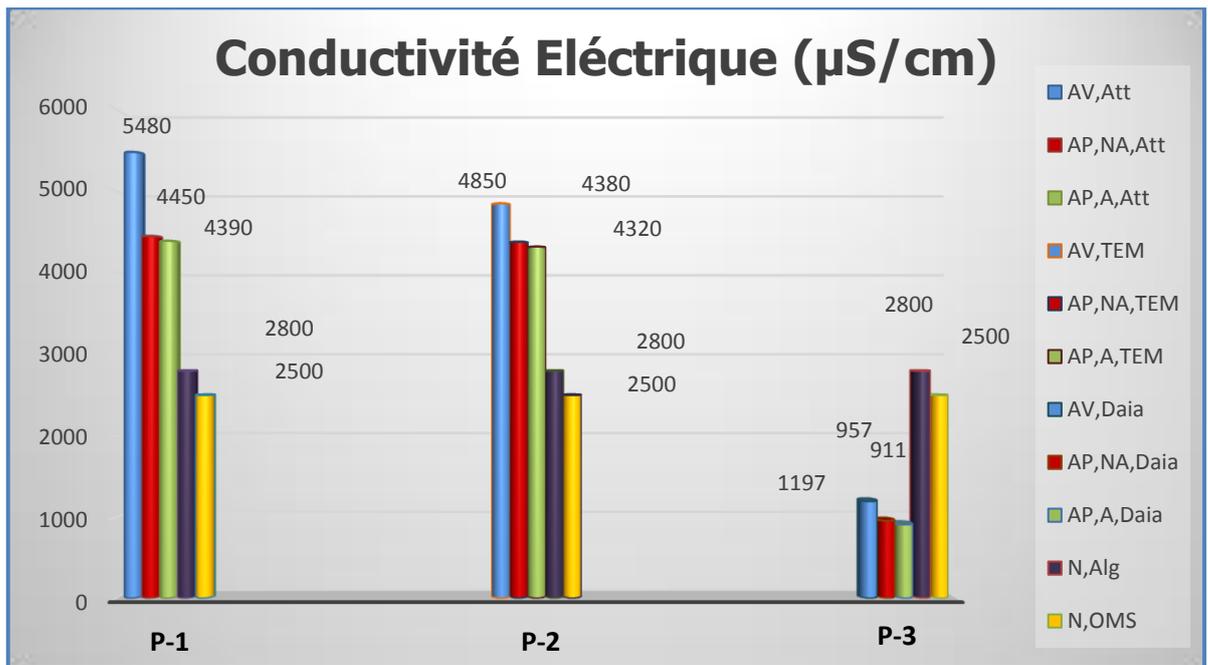


Figure-19 : Évaluation de CE des eaux de puits par rapport les normes OMS et Algavant et après l'utilisation de charbon actif

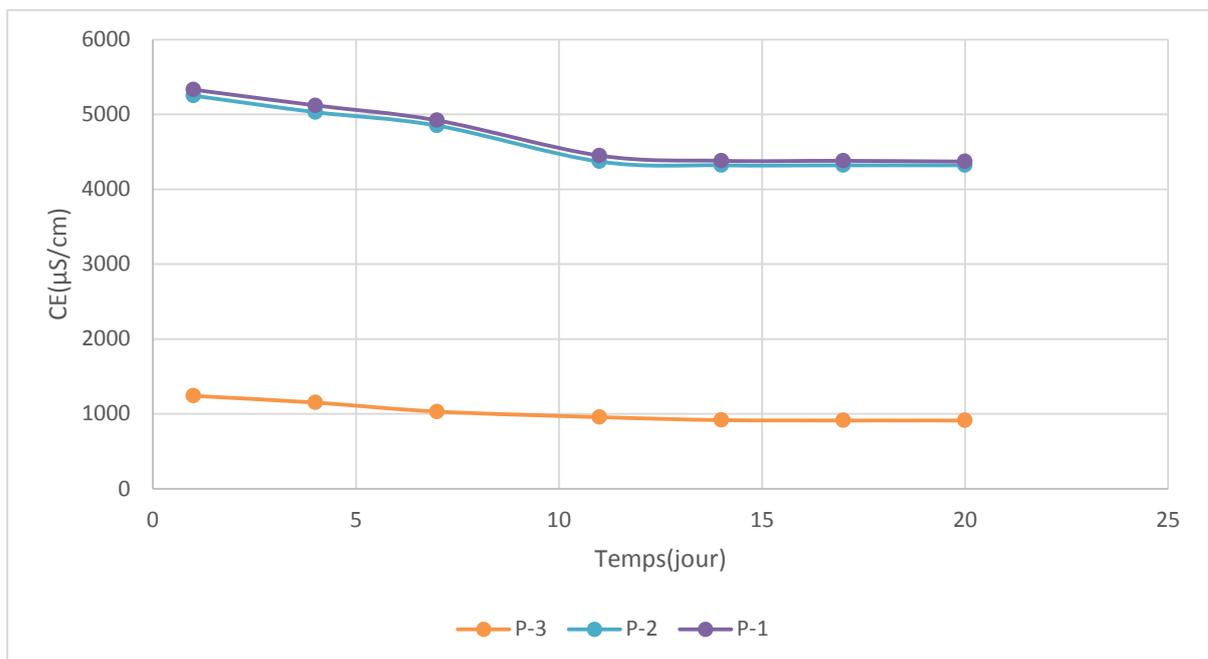


Figure-20 : Évaluation de CE des eaux de puits par rapport le temps

4.2.2.3. Les solides dissous totaux (TDS)

La mesure de la TDS nous informe sur solides dissous dans l'eau, elle s'exprime en mg/l. Les résultats de notre analyse indique dans la figure-20 ci-dessus la variation du TDS est légèrement faible comme nous remarquons après l'utilisation de charbon actif.

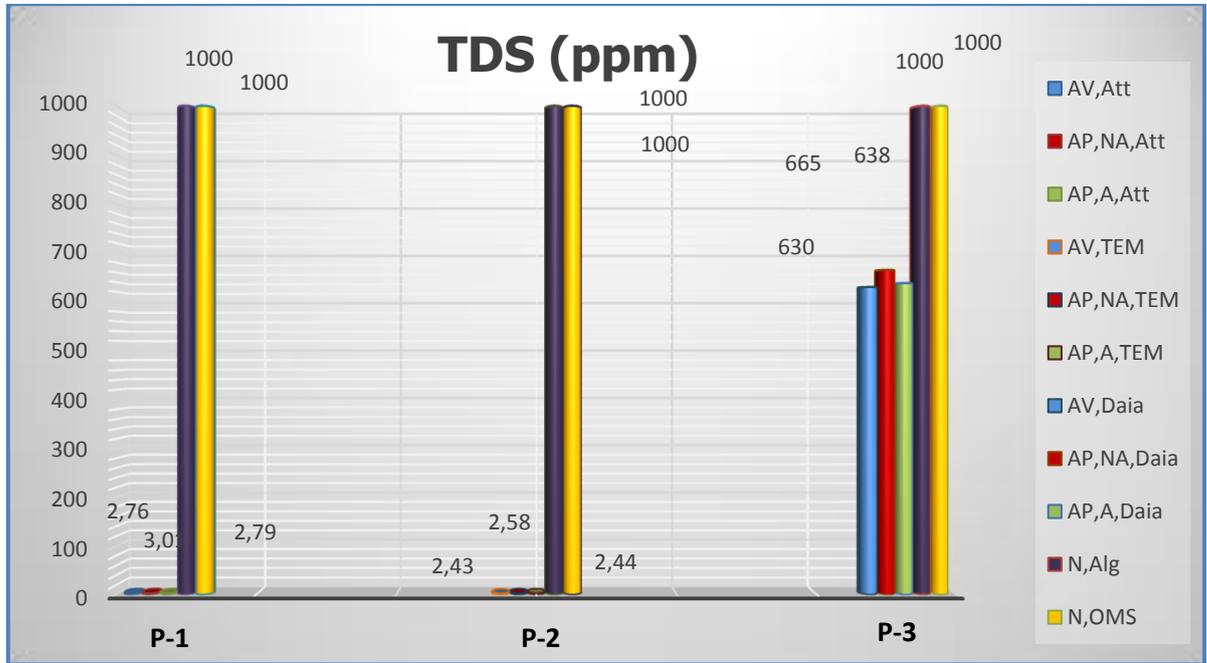


Figure-21 : Évaluation de TDS des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.4. Ammonium (NH₄⁺)

D'après les résultats obtenus on remarque les ions NH₄⁺ se trouvent sous forme de trace au niveau des eaux prélevées, le graphique de NH₄⁺, montre que il y a une adsorption après l'utilisation de notre matériau, la meilleur valeur est observée au niveau de puits de Daïa et qui montre d'après les normes Algériennes et celles de l'OMS l'absence d'une pollution par l'ammonium la figure-21.

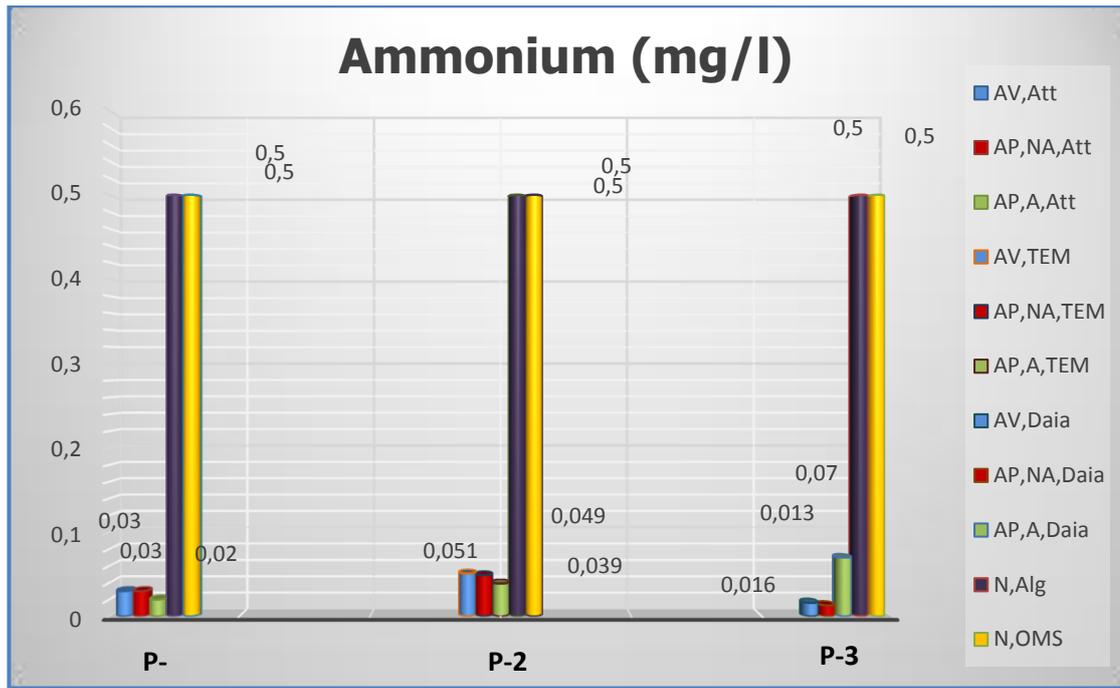


Figure-22 : Évaluation d'Ammonium (NH_4^+) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.5. Nitrite (NO_2^-)

La teneur en nitrites est relativement très faible par rapport aux normes Algériennes et internationales, D'après les résultats obtenus l'observation faite sur les analyses est la concentration des nitrites avant traitement était faible 0.015 mg/l pour le puits de l'Atteuf et 0 mg/l pour le Thenia et 0.03 mg/l pour Daïa, cette valeur après traitement par charbon actif devient 0.009 mg/l de l'Atteuf et 0.0017 mg/l pour l'échantillon de Daïa. Le graphique de NO_2^- montre que les ions de NO_2^- sont adsorbé par le charbon actif, c'est ce que nous observons une décroissance visible des valeurs dans le la figure-22. Donc nous pouvons dire que notre matériau est un adsorbant très efficace.

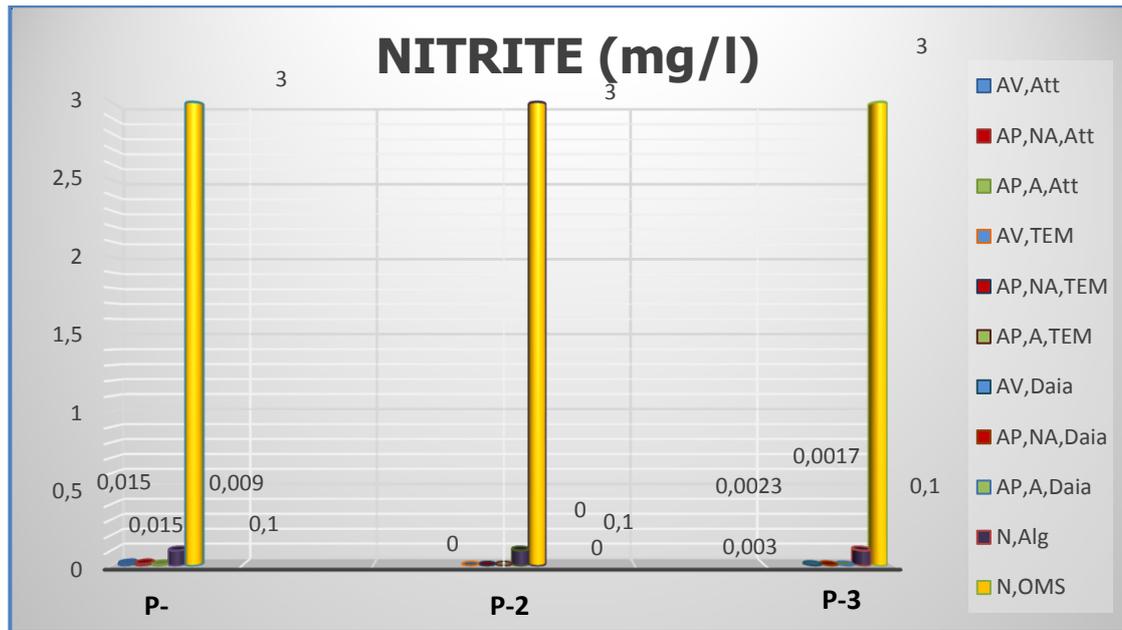


Figure-23 : Évaluation de Nitrite (NO₂⁻) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.6. Nitrate (NO₃⁻)

La valeur maximale des ions nitrate NO₃⁻ trouvé avant l'utilisation de charbon actif au niveau de puits de Thenia 19.52 mg/l alors que la valeur minimale lorsque nous utilisons le charbon actif comme le montre le graphique est 4.93 mg/l au niveau de puits de Daïa, donc on va conclure il y a une adsorption des ions nitrate par le charbon actif. Ces valeurs figure-23 restent faibles en comparaison avec les normes de l'OMS et les normes Algériennes.

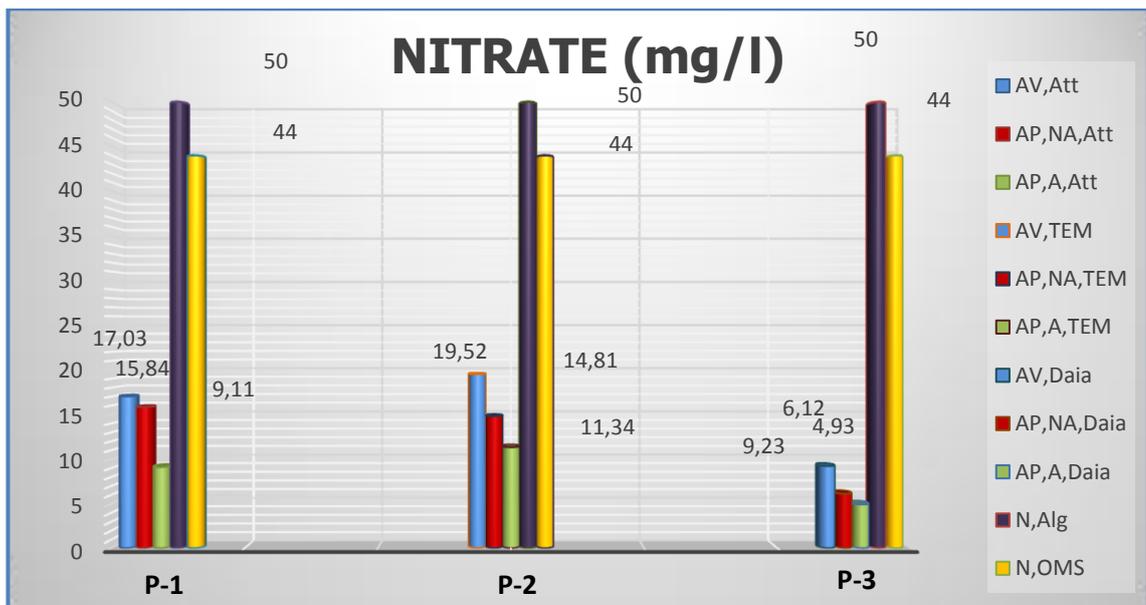


Figure-24 : Évaluation de Nitrate (NO₃⁻) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.7. Phosphate (PO_4^{3-})

Les teneurs en phosphate de tous les échantillons analysés sont largement inférieures aux normes de l’OMS et aux normes Algériennes.

Au niveau du puits l’Atteuf et Thenia les teneurs en phosphates sont nulles. La figure-24 montre qu’avec une teneur de 0.1594 mg/l au niveau du puits Daia avant l’utilisation de charbon actif, mais après l’utilisation de charbon actif il y a une augmentation faible au 0.241 mg/l, la teneur de phosphate est très faible. figure-24.

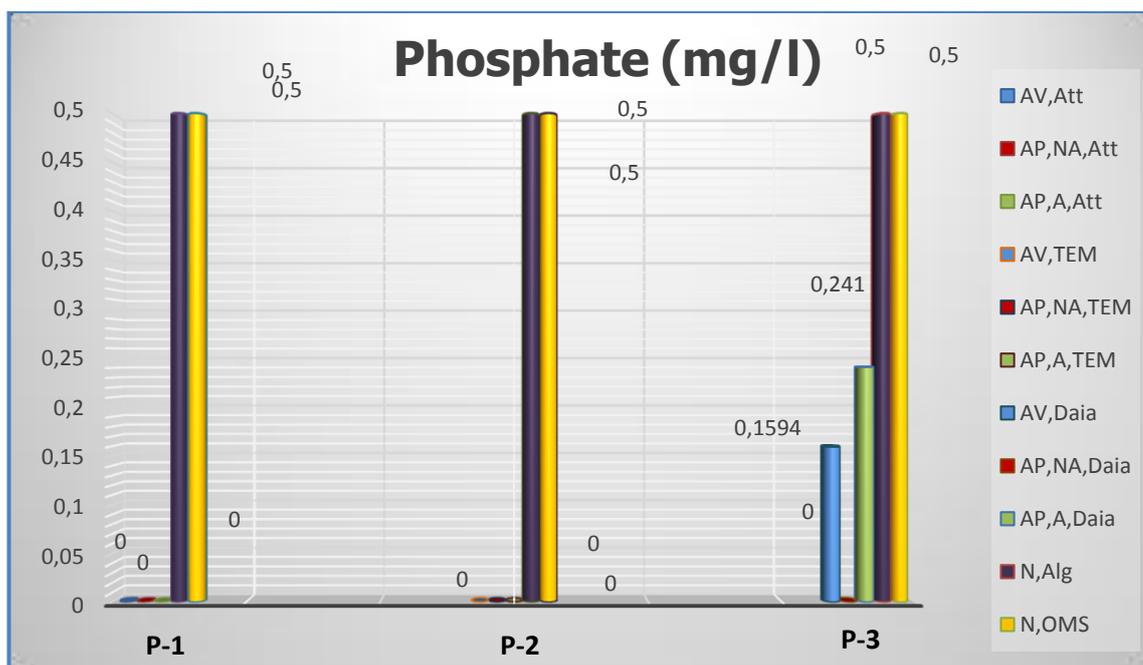


Figure-25 : Évaluation de Phosphate (PO_4^{3-}) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.8. Fer (Fe^{2+})

La teneur en ions Fe^{2+} au niveau de l’eau du puits l’Atteuf et Thenia sont faibles inférieures à celles fixées par les normes Algériennes et celles de l’OMS comme le montre la figure-25.

Pour notre eau on a observé la valeur des cations Fe^{2+} égal à 0.034 mg/l pour l’Atteuf et 0.039 mg/l pour le Thenia et pour le Daia sont nulles avant l’utilisation de charbon actif, ces valeurs est diminuée jusqu’à 0.015 mg/l et 0.019 mg/l.

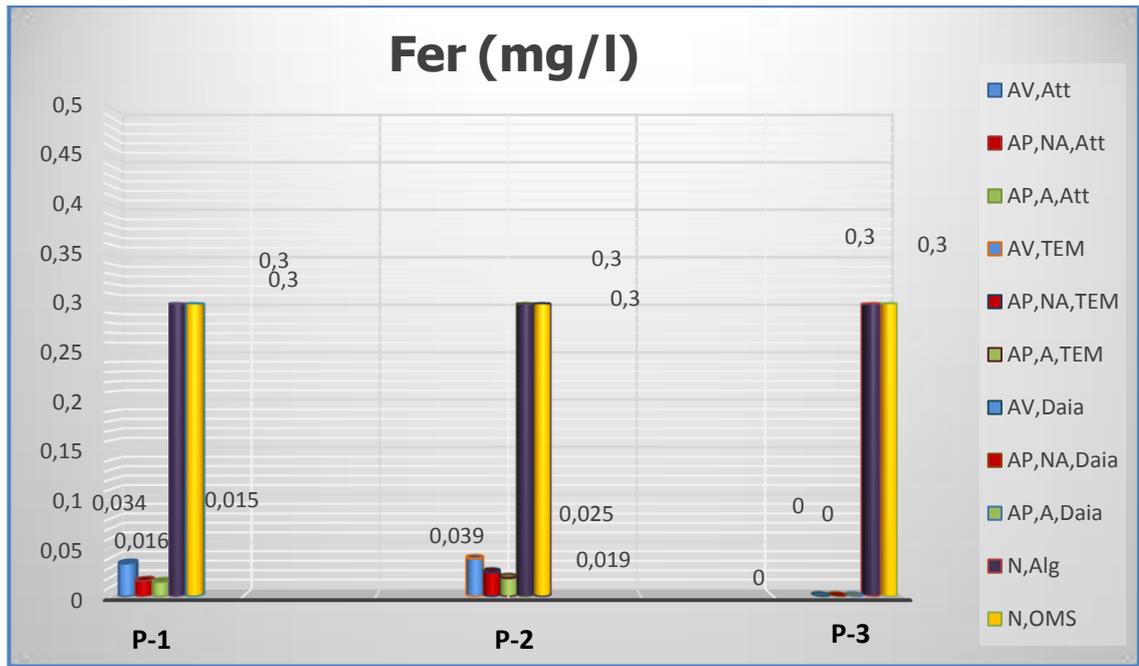


Figure-26 : Évaluation de Fer (Fe^{2+}) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.9. Calcium (Ca^{2+})

La présence des ions Ca^{2+} dans l'eau indique, soit une dissolution des formations carbonatées, calcite($CaCO_3$) , dolomie[(Ca, Mg) CO_3]ou bien la dissolution des formations évaporitiques , gypse [$CaSO_4, 2(H_2O)$] et anhydrite ($CaSO_4$).

Les résultats des analyses effectuées montrent qu'une valeur minimale a été obtenue au niveau de l'eau du puits de Daïa de 184.36mg/l. La valeur maximale au niveau du puits de Thenia avec une teneur de 352.7 mg/l, on remarque que les valeurs d'échantillon de Thenia et l'Atteuf dépasse la valeur de norme, mais après l'utilisation de notre matériau, il a semblé diminuer, comme le montre la figure-26. La meilleur valeur est observée pour le charbon actif ça est due à l'augmentation de la surface spécifique.

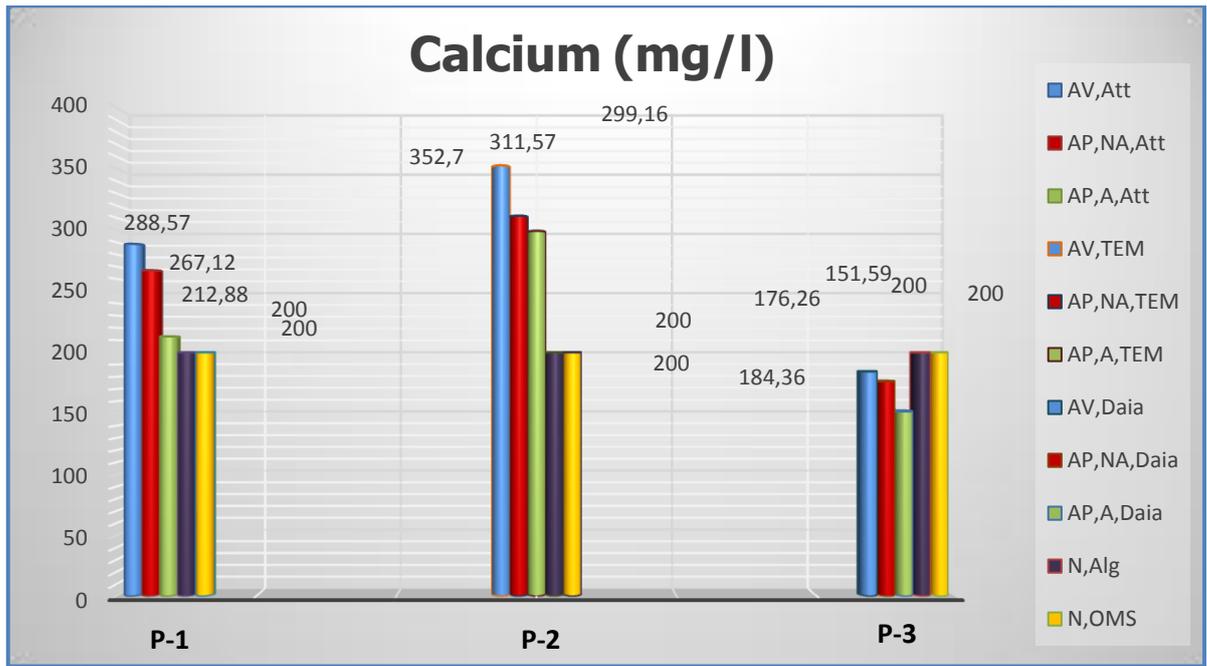


Figure-27 : Évaluation de Calcium (Ca^{2+}) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.10. Magnésium (Mg^{2+})

Le magnésium est l'un des éléments les plus répandus dans la nature, il constitue environ 2.1% de l'écorce terrestre. Avec les ions Ca^{2+} , le Mg^{2+} forme la dureté de l'eau.

Les résultats obtenus montrent que la concentration de Mg^{2+} varie entre 349.92 mg/l au niveau du puits l'Atteuf et 131.22 mg/l au niveau du puits Daïa et 199.26 au niveau de puits Thenia avant l'utilisation de charbon actif. Ils dépassent la norme maximale admissible fixée par l'OMS et les normes Algériennes sauf le puits de Daïa. Après l'usage de charbon actif il a semblé diminuer, comme le montre la figure-27. La meilleure valeur est observée pour le charbon actif ça est due à l'augmentation de la surface spécifique.

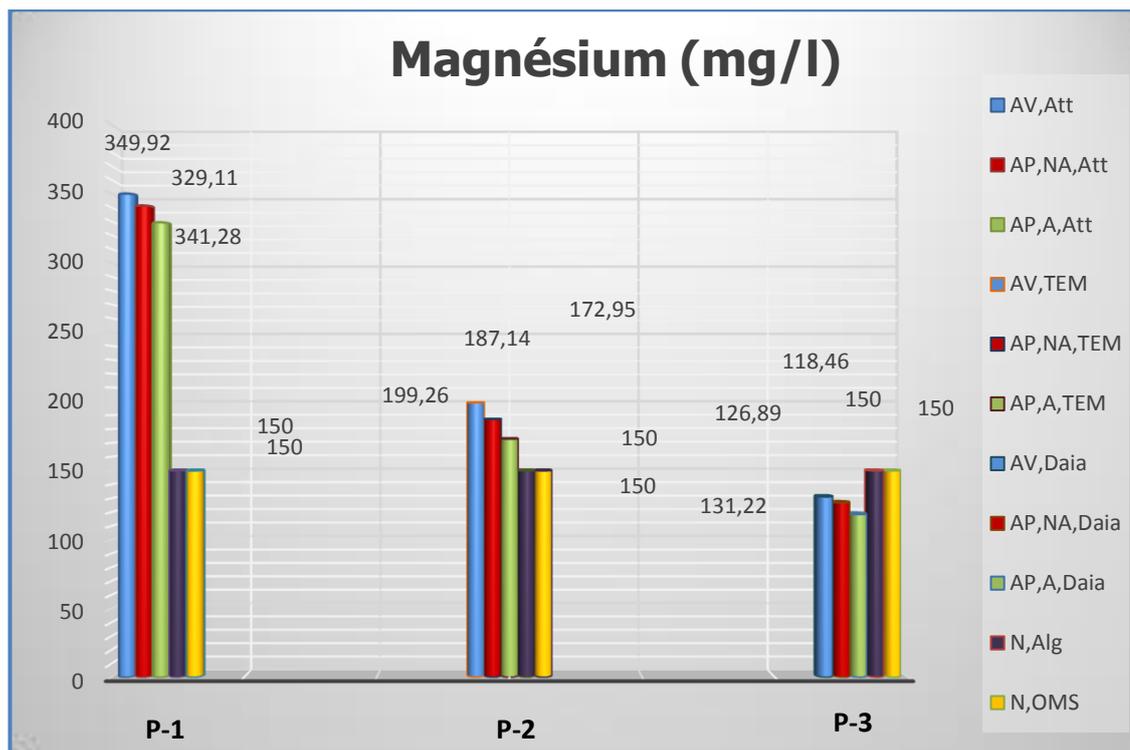


Figure-28 : Évaluation de Magnésium (Mg^{2+}) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.11. Dureté (TH)

La dureté totale d'une eau est produite par les sels de calcium et de magnésium qu'elle contient. D'après les analyses, l'eau analysée des puits à des valeurs dépasse les normes de l'OMS et les normes Algériennes. Ceci indique que la qualité de cette eau est non acceptable par rapport à ces normes.

Par contre, après l'utilisation de charbon soit non actif ou l'actif il y a une diminution, la meilleure adsorption sera au niveau d'échantillon Daïa à partir de valeur 1000 mg/l jusqu'à 456.12 mg/l

En milieu domestique, le calcaire réagit avec les structures alcalines contenues dans des substances telles que le savon lorsque l'eau est portée à ébullition ce qui provoque l'entartrage des ouvrages domestiques. Ceci est dû à la structure géologique des sols traversés, nécessitant une précipitation de la dureté. Ces résultats sont illustrés dans la figure-28.

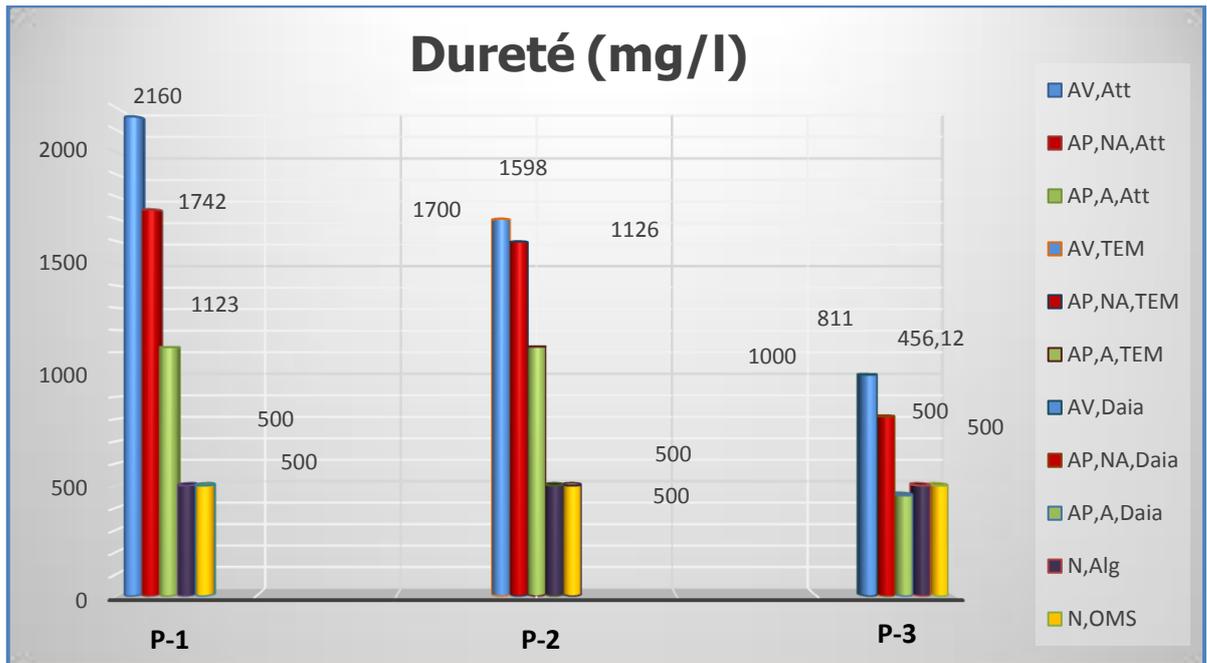


Figure-29 : Évaluation de Dureté (TH) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.12. Chlorure (Cl⁻)

Au niveau des puits, les teneurs en chlorures sont élevées comparativement aux valeurs fixées par les normes de l’OMS. Cependant, elles restent acceptables pas selon les normes Algérienne.

Ceci s’explique par l’opération de désinfection de l’eau, réalisée par les services de l’ADE, avant sa distribution à la population.

Cependant, les teneurs en chlorures existe dans l’eau prélevée au niveau des puits est diminuer après l’utilisation de charbon actif par exemple l’échantillon de Daïa respecte les seuils fixés par les normes de l’OMS et Algériennes on remarque que il y a une adsorption de chlorure par charbon actif de 226.89 mg/l jusqu’à 158 mg/l. Ces résultats sont représentés dans la figure-29.

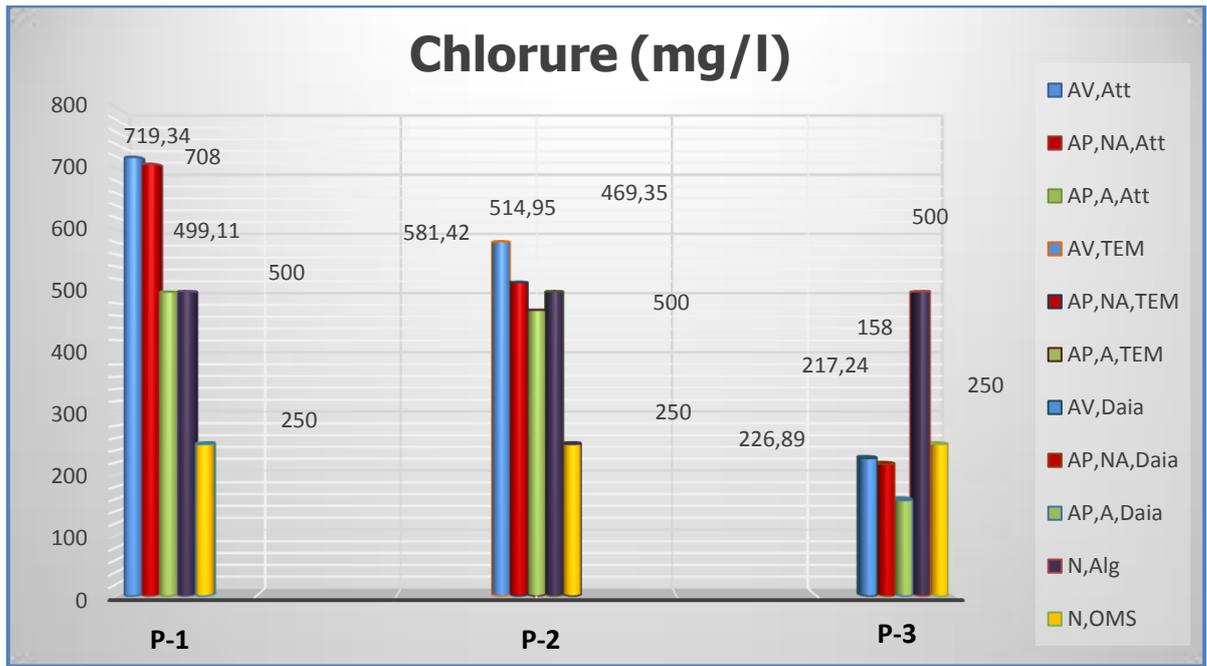


Figure-30 : Évaluation de Chlorure (Cl⁻) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.13. Sulfate (SO₄²⁻)

L'OMS et les normes Algériennes recommandent comme valeur limite 400 mg/l. Les teneurs en sulfates au niveau de l'eau des deux puits l'Atteuf et Thenia très élevées varient entre 1042.46 mg/l et 1238.77 mg/l dépassant largement les seuils fixés par les normes considérées.

Leurs teneurs élevées dans les eaux de puits entraînent des nuisances d'ordre organoleptiques et sanitaires. En effet, ils provoquent des troubles gastro-intestinaux et peuvent même donner à l'eau un goût désagréable.

Mais on remarque après l'utilisation de notre matériau il y a une diminution comme le puits de Daïa le teneur de sulfate a été 391.79 mg/l et devenu 191.18 mg/l cependant, les teneurs en sulfates dans cette Puits ne dépassent pas les normes de l'OMS et Algériennes. Ce qui indique que cette eau est acceptable par rapport à ces normes. Les résultats sont représentés dans la figure-30.

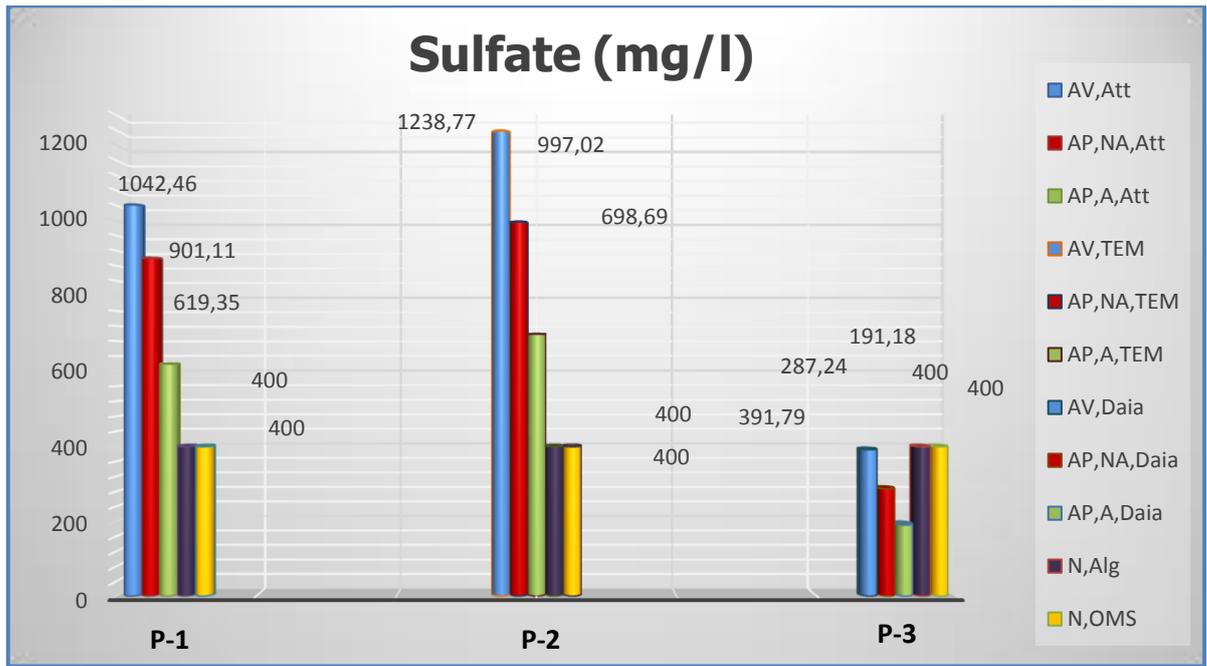


Figure-31 : Évaluation de Sulfate (SO_4^{2-}) des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.14. Résidu Sec

Exprimé en milligramme par litre (mg/l) , il représente la minéralisation totale de l'eau, c'est - à - dire la totalité des sels dissous et la matière organique contenue dans l'eau. On constate que tous les teneurs en résidu sec pour les deux premier puits dépassent les seuils des normes. Elles atteignent un maximum de 4014 mg/l au niveau de puits de Thenia, d'où l'effet de goût désagréable.

Les teneurs de résidu sec des deux puits sont très élevés par rapport à celle du puits Daïa qui a une teneur acceptable de l'ordre de 830 mg/l. tous ce résultats avant l'utilisation de charbon. Après l'utilisation de notre matériau soit l'actif ou non actif on remarque une diminution de teneurs de résidu sec dans les trois échantillons. La meilleur valeur est observée pour le charbon actif ça est due à l'augmentation de la surface spécifique.

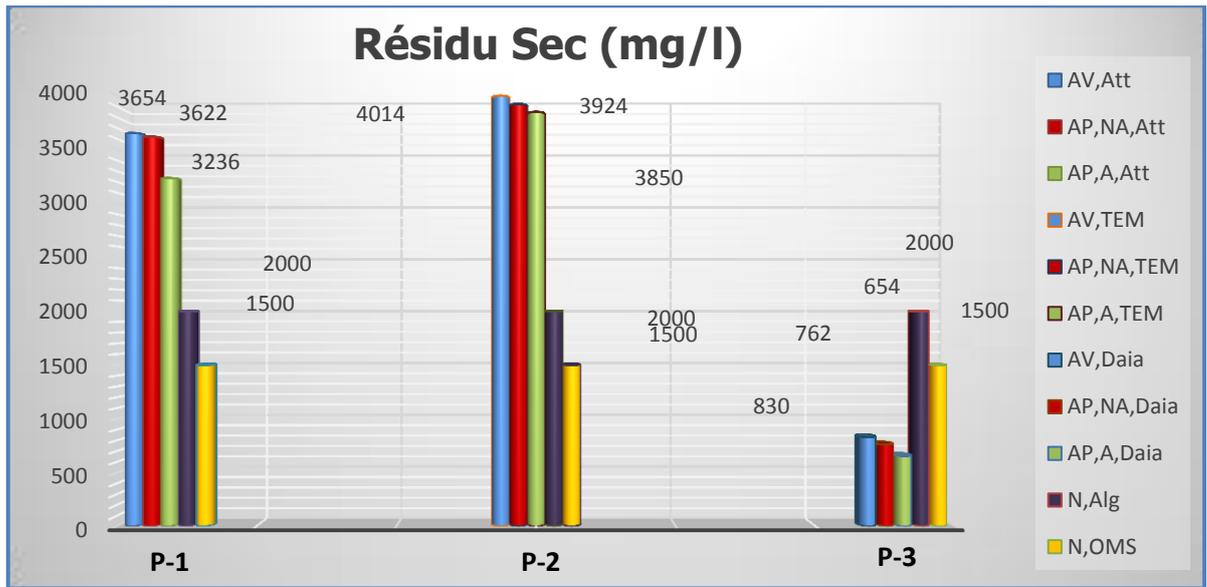


Figure-32 : Évaluation de Résidus Sec des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

4.2.2.15. Demande biochimique en oxygène (DBO₅)

Les valeurs obtenues présentent des teneurs en DBO₅ variant entre 14 et 3 mg/l avant traitement et après traitement par le charbon actif, les valeurs enregistrées en DBO₅ ne répondent pas à la norme requise (1 mg/l). La valeur minimale notée est de 5 mg/l par charbon actif alors que la valeur maximale atteinte est de 5 mg/l dans le l'échantillon de l'Atteuf. la diminution montre l'existence des réactions biochimiques.

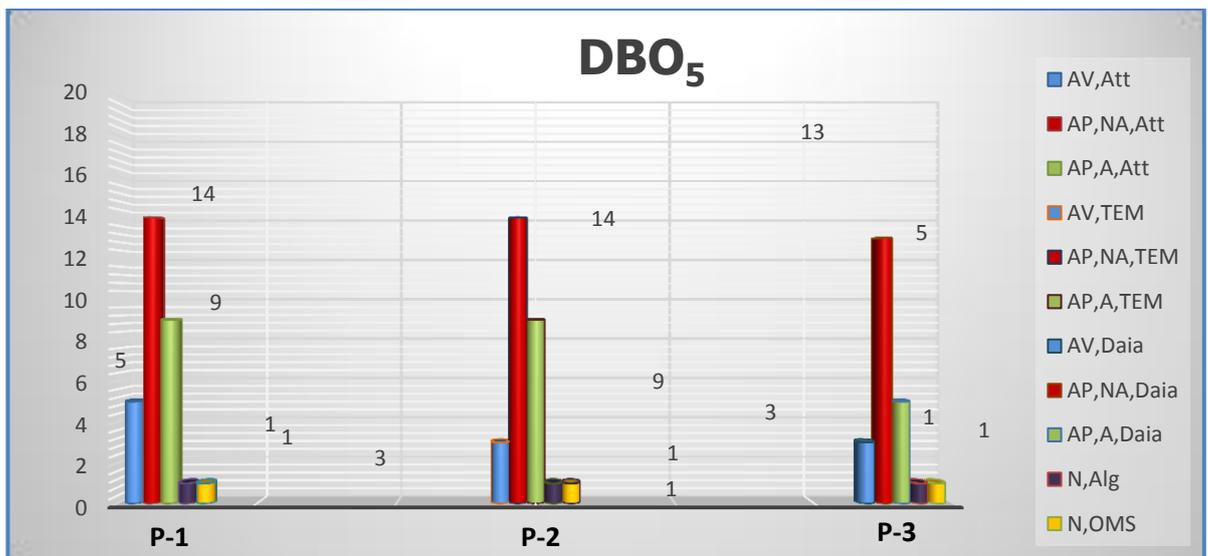


Figure-33 : Évaluation de DBO₅ des eaux de puits par rapport les normes OMS et Alg avant et après l'utilisation de charbon actif

Tableau-9 : Représente les rendements de traitement (%)

	P-1	P-2	P-3
TDS	/	/	/
NH₄⁺	33.33	/	/
NO₂⁻	40	0	56.66
PO₄⁻³	0	0	/
Fe⁺²	55.88	51.18	0
Ca⁺²	26.22	15.18	17.77
Mg⁺²	5.94	13.20	9.72
TH	48	33.76	54.38
Cl⁻	30.61	19.27	30.36
SO₄⁻²	40.58	43.59	51.20
R.Sec	11.43	4.08	21.20
DBO₅	/	/	/

4.3. Conclusion

La majorité des résultats d'analyses physico-chimiques et des eaux des puits de la zone d'étude de Daïa, Thenia et l'Atteuf sont des eaux de bonne qualité pour la consommation diverse après amélioration par traitement par charbon actif. Après l'utilisation de charbon actif on a constaté une diminution dans les concentrations des polluants déterminés qui prouve l'efficacité de ce dernier.

L'adsorption des éléments de pollution par notre matériau a été bien, spécialement le piégeage de nitrite et nitrate donc on est capable de dire que le charbon actif est efficace pour éliminer un peu les teneurs des polluants qui existent dans ces échantillons.

On remarque aussi que le meilleur échantillon est de Daïa, donc pour conclure on peut dire qu'il y a une sélectivité d'adsorbant par le charbon actif des noyaux d'olives.



CONCLUSION GÉNÉRALE



Conclusion

Avec l'accroissement de la population, la demande en eau pour usage domestique, irrigation et industriel continuera à augmenter. Cette augmentation sera d'autant plus grande que la dotation par habitant devrait aussi s'accroître avec l'élévation du niveau de vie. La production agricole devrait aussi augmenter pour répondre aux besoins alimentaires croissants de la population.

La planification de l'utilisation optimale de l'eau suppose une évolution correcte, des ressources en eau disponibles et de l'évolution future de la demande. Elle doit aussi être utilisée en tant que telle, c'est à dire en tant qu'instrument souple, susceptible d'adaptation et de modification pour tenir compte de l'environnement économique et technologique.

Une campagne hydrochimique sur la vallée portant sur 3 points d'eau a permis de caractériser le chimisme des eaux de la nappe phréatiques, Le choix de la région d'étude est basé sur plusieurs critères, bibliographiques et géologiques.

L'adsorption sur charbon actif constitue l'un des plus importants procédés physico-chimiques d'élimination de la plupart des micropolluants organiques et minéraux. Un grand nombre d'études mettent en évidence l'intérêt d'utiliser le charbon actif pour le traitement des eaux et soulignent l'influence de divers paramètres tels que les éléments de pollution.

Notre choix de matériaux été le charbon actif à partir de noyaux d'olives local le processus de la préparation de charbon actif et une caractérisation physico-chimique permettant d'avoir un échantillon active facile à adsorber les micropolluants organiques.

Cette activation génère des effluents toxiques non valorisables et nécessitant d'énormes quantités d'eau pour le lavage de charbon activées, l'activation est un peu délicate et nécessite plusieurs étapes mais les résultats sont satisfaisants.

D'après Les résultats obtenus indiqués que le traitement des eaux des puits urbaine de la vallée du M'Zab par charbon active et non active donne des bonne résultats concernant l'adsorption des sels minéraux de calcium, sulfates et chlorures etc.

Ce traitement montré une efficacité d'élimination de la matière organique, le phénomène d'adsorbants au niveau de la surface de charbon est important pour les éléments de pollution.

D'après les résultats obtenus de la conductivité de l'eau de puits nous avons observé que la teneur est diminuée de 20 % après 7 jours et reste stable, l'opération est duré 20 jours avec le traitement par charbon traité, au point P₃, et pour point P₂ et P₁ les résultats sont similaires, l'absorption est importante de 30% après 12 jours et reste stable ce qui explique l'effet de temps sur le phénomène d'adsorbants au niveau de la surface de charbon et on peut conclure que le temps de contact suffisant est de 7 -12 pour avoir des bons résultats .

Le traitement par charbon brut et le charbon actif montre une légère différence de l'ordre de 1% pour quelques exemple ce qui pense a utilisé le matériau sans activation aux future

L'efficacité de charbon active montre un rendement arrive à 55 % surtout avec les éléments de pollution et le fer et les Orto-Phosphates par contre pour la minéralisation est de 50% pour les sulfates et 30% pour les chlorures.

Les matériaux charbon que nous avons utilisés dans ce travail ont montré l'efficacité pour diminuer la pollution des eaux des puits sous deux aspects : Cinétique et équilibre arrive à éteindre quelque élément de pollution.

Le travail a mis en évidence que le charbon traité permet une augmentation de l'adsorption de la plupart des molécules organiques micropolluants jusqu'à 50% pour quelques minéraux donc l'absorption des éléments indésirable est plus importantes que les sels. De toutes les possibilités, le processus d'absorption avec le charbon peut constituer une alternative simple, sélective et économiquement acceptable pour le traitement physico-chimique conventionnel.

L'épuration des eaux phréatiques va nous permettre non seulement de réduire le coût d'épuration mais aussi de contribuer à la préservation de l'environnement.



RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES



Références bibliographiques

- [1] SCALON et al; 2005; EL-NAQA et al., 2007; EBLIN et al., 2014.
- [2] NDOUNLA, J., 2007. Caractéristiques biologiques et physico-chimiques de l'eau de consommation et influence du mode d'approvisionnement sur la santé des populations à Dschang. Thèse de Master. Dpt de Biologie Animale, Univ de Dschang-Cameroun.122p.
- [3] NEBEL, J.B. & Wright,T.R. 1996. Environmental Science : The Way the World Works. Prentice Hall.
- [4] BOEGLIN J.C. (2009). Propriétés des eaux naturelles, Technique de l'ingénieur, traité environnement, G1, 110p.
- [5] BOUZIANI. M., 2000. L'eau, de la pénurie maladies .Ed. IBN Kholdon, ORON.
- [6] DEGREMOT., 1989.Essai sur l'hydrologie superficielle au Sahara. Alger, Service des études scientifiques.
- [7] BOUKRAA T., (2003) : Gestion des ressources hydriques en zones arides : Cas de la wilaya de Ghardaïa. Mémoire de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Agronomie. université de Mostaganem.
- [8] AYAD W., (2017) : évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines : cas des puits de la région d'el-harrouch (wilaya de Skikda). Thèse de doctorat LMD. université d'Annaba
- [9] (A.N.R.H., 2007). Notes relatives aux ressources en eau souterraines de la wilaya d'Ouargla, Rapport de l'Agence nationale. ressource. Hydrique.
- [10] CHEBIHI L.,(2011) :Adaptation des pompes immergées destinées à l'irrigation dans les zone arides. Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de MAGISTER. Université KASDI MERBAH d'Ouargla.
- ❖ [11] R.C. Bansal, J.B. Donnet, F. Stoeckli, (1988), Active carbon. New York, Marcel Decker. pp. 482.
- [12] NADIA SOLTYS, Technique de l'ingénieur, traité génie des procédés, J3928 p. 5.
- [13] H.G.Ben Slama, 2015 : Thèse de doctorat, L'université de Grenoble.
- [14] Elena Fernandez Ibanez, 2002: Thèse de Doctorat de la Faculté des Sciences de Granada.
- [15] Stéphane Madrau, 1999: Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Lorraine.

- [16] C. Moreno-Castilla, 2004: Adsorption of organic molecules from aqueous solutions on carbon materials, *Carbon* 42, 83–94.
- [17] E. Ayranci, O. Duman, 2006: Adsorption of aromatic organic acids onto high area activated carbon cloth in relation to wastewater purification. *J Hazard Mater.* B136, 542–552.
- [18] K.S.W. Sing, D.H. Everett, R.A.W. Haul, L. Moscou, R.A. Pierotti, J. Rouquerol, and T. Siemieniewska, 1985: Reporting Physi-sorption Data for Gas/Solid Systems, with Special Reference to the Determination of Surface Area and Porosity, *Pure and Applied Chemistry* 57, 603–619.
- [19] Y.K. Ryu, K.L. Kim, C.H. Lee, *Ind. Eng. Chem.* 39(2000) 2510-2518.
- [20] S. Brunauer, P.H. Emmett, E. Teller, 1938: “Adsorption of gases in multi-molecular layers” *Journal of the American Chemical Society* 60 , 309-319.
- [21] C.E. CHITOUR, 1981 ; *Chimie des surfaces, introduction à la catalyse*, 2^{ème} Edition, Alger.
- [22] J.C. KRUIHOF et al, 1994: Drinking waters production from surface water in the 1990s, *J water SRT-Aqua*, vol 43, 2 47-57.
- [23] Y.RICHARD, 1980 : *Les traitements d’oxydation et d’adsorption pour la production d’eau*, conférence université de Limoges.
- [24] F.EDLINE, 1992 : *L’épuration physico-chimique des eaux, théorie et technologie*, Edition CEBEDOC, 2^{ème} Edition, Liège, p.252.
- [25] Recherche Google : <http://www.lenntech.fr/adsorption.htm>
- [26] C.E. Chitour, (1992) : *Physico-chimie des surfaces, Volume 2, Les interfaces gaz-solide et liquide-solide*, Édition O.P.U. Alger.
- [27] E. Koller, Avril (2005) : *Aide-mémoire Génie chimique*, 2^{ème} Edition DUNOD. 364-366.
- [28] : N.SEGHAIRI, S.ACHOUR, Déc.1994 ; Possibilités de rétention des matières organiques par adsorption sur bentonite, communication séminaire national d’hydraulique, vol 3, p 306-318, Biskra.
- [29] D.M. RUTHVEN, 1984: *principles of adsorption and adsorption process*, Ed. J. Wiley, New York.
- [30] K. FURU SAWA. K 1992: *and Anzaic colloid and surfaces* vol 63, p 111.
- [31] J. FRIPIAT, A .JELLI, J .CHAUSSIDON. *Chimie physique des phénomènes de surface, application aux oxydes et silicates*.

- [32] ACARR, A. MALCHARE. 1992 : Non-dispersive interaction at liquid/liquid and liquid/solid interfaces, J. colloid interfaces sci, p 149- 379.
- [33] S. Zhu, N. Yang, D. Zhang, (2009) : Poly (N, N-dimethylaminoethyl methacrylate) modification of activated carbon for copper ions removal. Mater Chem Phys 113 ,784-789.
- [34] P. LAFRANCE, M. MAZET, 1986 : Représentation graphique d'une nouvelle forme linéarisée de l'équation de Langmuir, Wat. Res, vol 20, p 123-129.
- [35] C.ABDELOUAHAB, H. AIT AMAR, 1987 : Fixation sur des argiles bentonitiques d'ions métalliques dans les eaux résiduaires, Revue. Int, Sci de l'Eau, vol 3, p 33-40.
- [36] S.GHALI, 20 août 1955: Etude de la carbonisation d'un précurseur végétal, les noyaux d'olives. Utilisation dans le traitement des eaux. Thèse de magister, Université du SKIKDA.
- [37] D.LEMARCHAND et al, 1982 : Etude de la rétention des substances humiques sur charbon actif, Env. Tech.
- [38] F. THOMAS, propriétés structurales, texturales et superficielles des alumines, Rapport intermédiaire, octobre 1984.
- [39] Miourigh. M, 2011 : Evaluation hydrochimique des eaux souterraines de la vallée du M'Zab : Cas de l'Oued N'Tissa. Mémoire d'ingénieur, El Harrach, E.N.S.A. 26p -28p.
- [40] RECHERCHE GOOGLE EARTH : le 22 Avril 2018.
- [41] F.FENNICHE, M.CHOUIREB ,2017: Application d'un matériau microporeux (Magadiite) dans le traitement d'un rejet d'hôpital. Thèse de Master, Université de Ghardaïa.
- [42] Documentation au niveau de laboratoire ADE algérienne des eaux unité de Ghardaïa



ANNEXES



ANNEXE 1

Tableau 10 - Les normes OMS et Algériennes de l'eau potable

Caractéristiques physico-chimiques	Algérienne	Unité	OMS
Température	25	°C	≤25
pH	6,5-8,5	-	6,5-8,5
conductivité	2800	μS/cm	2500
Turbidité	1_2	NTU	5
Calcium	75 _200	(mg/l)	200
Magnésium	150	(mg/l)	150
Chlorures	200 _500	(mg/l)	250
Potassium	20	(mg/l)	–
Sodium	200	(mg/l)	200
TH	500	(mg/l)	500
TAC	250	(mg/l)	250
Résidus sec	2000	mg/l après séchage	1500
Sulfates	200_400	(mg/l)	400
Fer total	0,3	mg/L	0,3
Nitrite	0,1	(mg/l)	3
Nitrates	50	(mg/l)	44
Phosphate	0,5	(mg/l)	0,5
Ammonium	0,05_0,5	(mg/l)	0,5
DBO ₅	1	(mg/l)	1

Tableau 11 - Facteur de conversion de la DBO₅ en fonction du volume de prise

Portée de mesure	Quantité	Facteur
0-40	432 ml	1
0-80	365 ml	2
0-200	250 ml	3
0-400	164 ml	4
0-800	97 ml	5
0-2000	43.5 ml	6
0-4000	22.7 ml	7

ANNEXE 2



Figure-34 : Tamis moléculaire



Figure-35 : Balance électrique



Figure-36 : Grains d'olive avant carbonisation



Figure-37 : Four à 800 °C



Figure-38 : Grains d'olive après carbonisation



Figure-39 : Chauffe Ballon d'activation



Figure-40 : Filtration de charbon actif



Figure-41 : Filtration après le traitement



Figure-42 : pH-mètre



Figure-43 : Conductivité-mètre



Figure-44 : Appareil de demande biochimique en oxygène DBO_5