



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEE

DEPARTEMENT DE L'HYDRAULIQUE ET DE GENIE CIVIL

En vue de l'obtention du diplôme master

Option : Hydraulique

***Elimination des ions Fluorures en utilisant un
charbon Actif élaboré à partir des noyaux d'olives***

Présenté par :

- Labaier Zohra
- Bouzidi Nesrine

Devant le Jury composée de :

<i>Président :</i>	Kateb Samir	Professeur	Université Ouargla
<i>Examinatrice :</i>	Belmabedi Amel	M.A.A	Université Ouargla
<i>Promoteur :</i>	Baouia Kaïs	M.C.A	Université Ouargla
<i>Co-promoteur :</i>	Kadri Abdelaziz	Doctorant	Université Ouargla

Année Universitaire 2021/2022

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre gratitude et remerciement à ALLAH qui nous a donné la force et le pouvoir pour effectuer ce modeste travail.

Nous tenons tout d'abord à remercier notre encadreur **Dr. BAOUIA Kais** pour nous avoir proposé ce sujet, et pour sa contribution et son aide qui nous ont été indispensables pour la réalisation de ce travail ainsi que tous ces remarques constructives qui nous ont permis d'approfondir nos connaissances scientifiques.

Nous remercions infiniment **Pr. KATEB Samir** de l'université Kasdi Merbah Ouargla Faculté des sciences appliquées, d'avoir fait l'honneur de présider notre jury de mémoire

Nos meilleurs remerciements au **Mme. BELMABDEI Amel** de l'Université Kasdi Merbah Ouargla, Faculté des sciences appliquées, d'avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous adressons également nos sincères remerciements à **Mr. KADRI Abdelaziz** pour son suivi, son soutien et ses bons conseils tout au long de ce travail, pour son aide et pour nous avoir fait part de ses précieux avis.

Enfin, nos sincères reconnaissances à tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail.

الإهداء

الى من كلفه الله بالصيبة والوقار

الى من علمني العطاء بدون انتظار

الى من احمل اسمه بكل افتخار

ارجو من الله ان يمد في عمرك لتري ثمارا قد حان قطافها بعد طول انتظار

(والدي العزيز سالم) .

الى من وضع المولى _ سبحانه وتعالى _ الجنة تحت قدميها

ووقرها في كتابه العزيز

(امي جنتي نور الهدي شيبات) .

الى اخواني محمد الخامس، أحمد قصي

واخوانتي شميناز، جيهان، الاء الرحمان وضى ميرال

الى جميع افراد عائلتي.

دون ان ننسى جميع المعلمين سواء اكانوا تعليما ابتدائيا او متوسطا او ثانويا او عاليا،

الى كل من ساهم في هذا العمل قريبا كان او بعيد

الى كل اصدقائي وكل من يحبونني

شكرا لكم جميعا.

الزهرة لبيعير

الاهداء

الى القلب الكبير الذي شملني بأسمى آيات
الحب والحنان ، إلى التي ربطني وسهرت من
أجلي وسلكت بي

دروب الحياة الوعرة بالكبرياء والشموخ ، إلى
من كان دعاؤها سر نجاحي ، إلى من إرتحت كلما
تذكرت

إبتسامتها في وجهي ، إلى التي أحبت وأكملت
دراستي من أجلها لإدراكي بكمية عشقها للعلم
والمعرفة

أردت إسعادها ما دام بوسعي فعل ذلك ، وهي
التي لو أهديتها حياتي لن تكفي أن أوفيتها
حقها ، إلى

الغالية أمي ، ثم روح الروح أمي ، ثم
الحبيبة أمي "خيرة " جزاها الله عني خير
الدارين

إلى أول من تلفظ لساني بإسمه "بابا " إلى من
علمني مبادئ الحياة وزودني بالثقة في النفس
ورباني على

الصدق والإخلاص ، إلى الذي لا مثيل له ، من سعى
وشقى لأنعم بالراحة والهناء ، إلى من كان سند
لي

إلى نور العين والقلب أبي الغالي " علي "
أطال الله في عمره وأمدّه بالصحة والعافية

إلى من هم أنس عمري ومخزن ذكرياتي ومصدر
سعادتي الغوالي أخواتي "رندة " ، " نور
" اليقين " " دلال " " ناريمان " "فتيحة

إلى من ساندي وأخذ بيدي نحو طريق النجاح
إلى قطعة من قلبي "نجاح" ؛ " آدم " "ضياء"
"منتصر" "رزان"

إلى كل من حملته ذاكرتي ولم تحمله مذكرتي
إلى هؤلاء أهدي ثمرة هذا الجهد المتواضع

نسرین بوزیدی

Résumé

A travers cette étude, nous avons tenté d'identifier l'un des composants les plus importants de l'eau potable qui a un impact significatif sur la santé humaine et l'environnement, qui est le fluor. Cet élément ne se trouve pas seulement dans l'eau, mais il est présent dans la plupart des aliments. Le fluorure affecte également négativement l'homme et l'environnement car il ne répond pas aux normes fixées par l'Organisation mondiale (OMS) avec une concentration appropriée de 1,5 mg/litre. Sur la base de notre étude et des références à des études antérieures dans le même domaine, il existe plusieurs façons de se débarrasser de la concentration excessive de fluorure. Y compris la sédimentation, l'absorption et les membranes. Dans notre étude, nous avons choisi d'appliquer l'élimination des ions fluor à l'aide de charbon actif. Après avoir mené les expériences nécessaires et analysé et étudié les résultats, nous avons constaté qu'en utilisant du charbon actif préparé à partir de noyaux d'olive activés avec H_3PO_4 d'origine végétale, les ions fluor ont diminué de 3 à 0,7 mg/litre après avoir utilisé du charbon actif sous la température de calcination de 600 degrés Celsius et les ions fluor ont diminué de 3 à 0,88 mg/litre après avoir utilisé du charbon actif sous la température de calcination de 400 degrés Celsius dans le temps idéal allant de 120 à 180 minutes, qui sont des valeurs appropriées selon les normes internationales 0,5-1,50 mg/L.

Mots clés : Charbon actif, adsorption, fluor, noyaux d'olives, calcination.

المخلص:

من خلال هذه الدراسة حاولنا التعرف على أحد أهم مكونات مياه الشرب التي لها تأثير كبير على صحة الإنسان والبيئة وهو الفلور. لا يوجد هذا العنصر في الماء فقط ولكنه موجود في معظم الأطعمة يؤثر الفلوريد سلبا أيضا على الإنسان والبيئة لأنه لا يفي المعايير التي وضعتها المنظمة العالمية (WHO) تركيزا مناسباً يبلغ 1.5 ملغ/لتر. بناء على دراستنا وبالرجوع الى الدراسات السابقة في نفس المجال هناك عدة طرق للتخلص من تركيز الفلوريد الزائد. بما في ذلك الترسيب و الامتصاص و الأغشية في دراستنا اخترنا تطبيق إزالة أيونات الفلور باستخدام الفحم المنشط بعد اجراء التجارب اللازمة و تحليل و دراسة النتائج وجدنا انه باستخدام الكربون المنشط و المحضر من نواة الزيتون المنشط ب H_3PO_4 ذو مصدر نباتي ,انخفضت ايونات الفلور من 3 الى 0.7 ملغ / لتر بعد استعمال كربون منشط تحت درجة حرارة تكليس 600 درجة مئوية و انخفضت ايونات الفلوريد من 3 الى 0.88 ملغ/لتر بعد استعمال كربون منشط تحت درجة حرارة تكليس 400 درجة مئوية في الوقت المثالي يتراوح بين 120 الى 180 دقيقة و هي قيم ملائمة وفقا للمعايير الدولية 0.5-1.50 ملغ/لتر .

Abstract

Through this study, we tried to identify one of the most important components of drinking water that has a significant impact on human health and the environment, which is fluoride. This element is not only found in water, but it is present in most foods. Fluoride also negatively affects humans and the environment because it does not meet the standards set by the World Organization (WHO) with an appropriate concentration of 1.5 mg/liter. Based on our study and references to previous studies in the same field, there are several ways to get rid of the excessive concentration of fluoride. Including sedimentation, absorption and membranes. In our study, we chose to apply fluoride ion removal using activated carbon. After conducting the necessary experiments and analyzing and studying the results, we found that by using activated carbon prepared from olive kernels activated with plant-derived H_3PO_4 , the fluoride ions decreased from 3 to 0, 7 mg/liter after using activated carbon under the calcination temperature of 600 degrees Celsius and fluorine ions decreased from 3 to 0.88 mg/liter after using activated carbon under the calcination temperature of 400 degrees Celsius in the ideal time ranging from 120 to 180 minutes, which are appropriate values according to international standards 0.5-1.50 mg/L.

Keywords: Activated carbon, adsorption, fluorine, olive pits, calcination.

Sommaire

Titre

Remerciements.....	(I)
Dédicace.....	(II)
Résumé.....	(III)
Sommaire.....	(IV)
Liste du Tableaux.....	(V)
Liste du Figures.....	(IX)
Introduction Générale.....	(2)

Partie théorique

Chapitre-I- Généralité sur le fluor

I-1-Introduction :.....	(4)
I-2-Propriétés générales du fluor :.....	(4)
I-3-Présence du fluor dans l'environnement.....	(5)
I-4-Effets physiologiques du fluor et de ses composés.....	(6)
I-5-Fluorose endémique (hydrotellurique).....	(6)
I-5-1 La fluorose dentaire :	(6)
I-5-2 la fluorose squelettique :.....	(7)
I-6-Présence des fluorures dans l'environnement.....	(8)
I-7-Le Fluor dans l'eau.....	(8)
Conclusion :.....	(9)

Chapitre-II- Procédés de défluoruration des eaux

II-1-Introduction.....	(13)
II-2- Procédé d'adsorption.....	(13)
II-2.1. Le charbon Actif.....	(14)
II-2.2. Filtration sur phosphate tricalcique.....	(14)
II-2.3. Adsorption sur les argiles.....	(14)
II-3-Procédés membranaires.....	(15)
II-3.1 L'osmose inverse.....	(15)
II-3.2 Nanofiltration (osmose inverse à basse pression).....	(15)
II-3.3. Dialyse de Donnan	(16)

Conclusion.....	(17)
-----------------	------

Chapitre-III- Généralité sur le charbon Actif

III-1-Introduction:.....	(21)
III-2-Définition :.....	(21)
III-3-Précurseurs des charbons actifs.....	(22)
III-4-Les différentes formes du charbon actif.....	(22)
III-4-1-Le Charbon actif en grain (GAC).....	(22)
III-4-2-Le Charbon actif en poudre (CAP).....	(23)
III-5-Les étapes de préparation des charbons actifs.....	(24)
III-5-1-Choix du matériau d'origine.....	(24)
III-6- Fabrication de charbon actif :.....	(25)
III-6-1-La carbonisation :.....	(25)
III-6-2-L'Activation :.....	(25)
III-6-2-1-L'activation physique :.....	(25)
III-6-2-2-L'activation chimique.....	(25)
III-7- Structure du charbon actif :.....	(26)
III-8-caractéristiques du charbon actif	(27)
III-8-1-Caractéristiques physiques.....	(27)
III-8-1-1-Porosité :.....	(27)
III-8-1-2- Densité apparente :.....	(28)
III-8-1-3- La surface spécifique :.....	(29)

III-8-1-4-Friabilité :	(29)
III-8-1-5- Granulométrie :	(30)
III-8-1-6-Coefficient d'uniformité :	(30)
III-8-1-7- Humidité et teneur en cendres :	(30)
III-8-2-Caractéristiques chimiques :	(30)
III-8-2-1- Indice d'iode :	(30)
III-8-2-2-Indice de phénol :	(31)
III-9- Les applications des charbons actifs.	(31)
III-9-1- Adsorbant.	(31)
III-9-2- Catalyseur.	(32)
III-10-Sources du charbon actif.	(32)
Conclusion.	(33)

La partie pratique

Chapitre- IV- Méthodes et Matériels

IV-1 Introduction :	(36)
IV-2 Matériels utilisés :	(36)
IV-3-1Fiole conique (Fiole Erlenmeyer):	(36)
IV-4- Agitateur magnétique (mélangeur magnétique) :	(36)
IV-5- Multi Paramètres.	(37)
IV-6- Spectrophotomètre :	(37)
IV -7- La préparation des échantillons:	(38)
IV-7-1 1Préparation de la solution mère :	(38)
IV-7-2- Préparation du Charbon Actif.	(39)
Conclusion :	(39)

Chapitre-V- Résultats et Discussion

V-1 Introduction.....	(41)
V-2 Préparation du solution mère.....	(41)
A) Influence du Temps de contact.....	(41)
Visualisation graphique des résultats.....	(43)
Discussion :.....	(43)
B) Influence de la masse d'adsorbant	(44)
Visualisation graphique des résultats.....	(45)
Discussion :.....	(45)
V-3 Comparaison entre les deux cas de calcination.....	(46)
Discussion :.....	(46)
Conclusion Générale.....	(48)

Liste des Tableaux

Chapitre-I- Généralité sur le fluor

Tableau I (1): Solubilité de quelques composés fluorés dans l'eau(4)

Tableau I (2) : Teneurs en fluor (ppm) de divers végétaux cultivés dans les régions d'El-oued(5)

Chapitre-II- Procédés de défluoruration des eaux

Tableau (II) 1 : Résultats du traitement par nanofiltration d'une eau saumâtre fluorurée ... (15)

Chapitre-III- Généralité sur le charbon Actif

Tableau III (1): comparaison entre CAP et CAG (Lenntech, 2004).....(23)

Liste des figures

Chapitre-I- Généralité sur le fluor

- Figure I (1) : Répartition des différents apports de la dose d'exposition journalière de la population de Ouargla(6)
- Figure I (2) : mon trant les effets du fluor Sur les dents.....(7)
- Figure I (3) : l'effet du fluorure sur les os.....(8)

Chapitre-II- Procédés de défluoruration des eaux

- Figure (II)1 : processus d'adsorption.....(13)
- Figure (II) 2 : Représentation schématique de la dialyse de donnan.....(16)

Chapitre-III- Généralité sur le charbon Actif

- Figure III 1: Charbon actif.....(21)
- Figure III 2: charbon actif en grain.....(22)
- Figure III 3: charbon actif en poudre.....(23)
- Figure III 4 : charbon actif extrudé.....(24)
- Figure III 5: Les étapes de fabrication du charbon actif.....(26)
- Figure III 6 : Exemple de pores du charbon actif.....(26)
- Figure III 7: Représentation de la microstructure d'un charbon actif.....(27)
- Figure III 8: Schématisation de la structure du charbon actif.....(28)
- Figure III 9: courbe de Granulométrie(29)

Chapitre- IV- Méthodes et Matériels

- Figure IV 1: groupe d'outils de laboratoire(36)
- Figure IV 2: Agitateur magnétique.....(41)
- Figure IV 3 : Multi Paramètres pour mesurer Cond, T° et pH(41)
- Figure IV 4 : un Spectrophotomètre.....(42)
- Figure IV 5 : Préparation de la solution mère 43)
- Figure IV : Charbon Actif(44)

Introduction Générale

Introduction Générale

L'eau est la vie pour tous les êtres vivants, elle couvre les trois quart (3/4) de la surface terrestre, et environ les deux tiers (2/3) du corps humain. Les origines des eaux de consommation sont multiples telles que les eaux de surface et les eaux souterraines. Ces dernières sont considérées comme la seule ressource dans la plus plupart des pays dans le monde. La sécurité de l'eau est un problème important dans le monde entier et les eaux souterraines sont principalement contaminées par des fluors.

Le fluor est un élément chimique indispensable et bénéfique pour l'organisme humain, à de faibles concentrations, mais toxique à plus fortes doses. A partir de 0,5 mg/l, en ions fluorure, l'eau joue un rôle prophylactique, mais dès 0,8 mg/l, le risque de fluorose, dentaire et squelettique, débute et devient fort au-dessus de 1,5 mg/l . Pour se débarrasser du fluor, il existe plusieurs méthodes, dont l'adsorption, sédimentation l'échange d'ions et le charbon actif.

Le but de cette étude est l'élimination des ions fluorures par le charbon actif a base des déchets agricoles sous forme des noyaux d'olives comme méthode très efficace et économique, cette étude est axée en cinq chapitres :

Donc le premier chapitre : on donne un aperçu sur le fluor, ces caractéristiques et son influence sur la santé l'être humain.

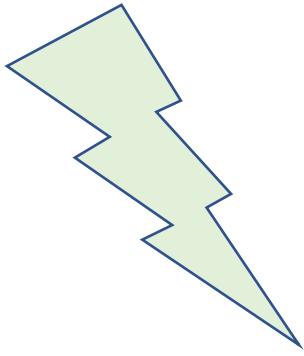
Le deuxième chapitre : les procédés de defluoruration.

Le troisième : une généralité sur les charbons actifs.

Le quatrième : méthodes et matériels.

Le dernier chapitre : résultat et discussion.

On termine par une conclusion générale.



Chapitre-I-
« Généralité sur le Fluor »

Généralité sur le fluor

I-1-Introduction :

Le fluor est un élément très répandu dans la croûte terrestre et est présent aussi bien dans l'air, les aliments que dans les eaux naturelles. Il ne se rencontre jamais à l'état libre dans la nature en raison de sa grande réactivité, il se présente sous forme de fluorures.[2]

I-2-Propriétés générales du fluor :

Le fluor est un élément de la famille des halogènes, de numéro atomique $Z=9$ ($1s^2$) et de masse atomique égale à 19. Comme pour tous les halogènes, la molécule de fluor est diatomique F_2 . Le Fluor ne se rencontre jamais à l'état libre dans la nature mais sous forme de combinaisons chimiques des ions fluorures. L'ion fluorure est particulièrement stable, il n'est pas oxydable en milieu aqueux. Ils donnent de nombreux complexes et des composés insolubles. Parmi les ions courants, c'est le zirconium et l'aluminium qui donnent les complexes les plus stables. Ces propriétés pourront être mises à profit pour les traitements chimiques des fluorures ainsi que pour l'adsorption sur alumine.[3]

Les fluorures donnent des composés insolubles avec les ions alcalino-terreux, en particulier avec le calcium. Les produits de solubilité de ces composés sont portés dans le tableau 1.

Tableau I (1): Solubilité de quelques composés fluorés dans l'eau (Mar Diop et Rumeau, 1993)

Composé	Solubilité (mole/l)	Composé	Solubilité (mole/l)
LiF	0.05	BEF ₂	5.5
NaF	1	MgF ₂	$1.9 \cdot 10^{-3}$
KF	17	CaF ₂	$3.1 \cdot 10^{-4}$
RbF	12	SrF ₂	$9.3 \cdot 10^{-4}$
CsF	24	BaF ₂	$1.2 \cdot 10^{-2}$

L'ion fluorure possède des propriétés basiques faibles, il est capable de fixer un proton pour donner l'acide fluorhydrique de pK_a 3,17 à force ionique nulle. En milieu concentré et acide, il s'associe à l'acide fluorhydrique pour donner un complexe peu stable HF₂⁻ présentant les proportions de chaque espèce fluorurée en fonction du pH, permet d'affirmer que le fluor sera sous forme basique ionisée (F⁻) dans la plupart des eaux naturelles ayant souvent un pH entre 4.5 et 5.5.

I-3-Présence du fluor dans l'environnement

A l'état minéral, le fluor est l'un des oligo-éléments les plus répandus dans la nature. Il s'y trouve, du fait de sa grande affinité pour les éléments métalliques qui l'entourent, sous forme combinée dans de nombreux minerais : cryolite (Na_3AlF_6), fluorine (F_2Ca), apatites ($\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$) et phosphates. Le fluor est présent dans les roches, les sols, l'eau, les plantes et les animaux. Cet élément se trouve naturellement dans presque tous les aliments qui constituent la ration alimentaire de l'être humain. Parmi ceux-ci se trouvent plusieurs aliments riches en sels fluorés tels que les dattes (14 à 23 mg F-Kg) et le thé (50 à 125 mg F/Kg). Ces aliments sont largement consommés dans le sud algérien. Le tableau 2 regroupe le taux en fluor dans quelques aliments consommés dans la région d'El-oued (Algérie). [8]

Tableau I (2) : Teneurs en fluor (ppm) de divers végétaux cultivés dans les régions d'El-oued (Azout et Abraham, 1978)

Produit	Navet	Poivron	Carotte	Pastèque	Pomme de terre	Tomate	Datte	Tabac-feuille
Fluor/matière brute	4.2	6.1	5.0	12.0	14.3	9.0	5.8	31.0

Le fluor des végétaux provient du sol et parfois indirectement des dépôts de poussières provenant du sol lui-même ou d'émanations fluorées d'origine industrielle. La pollution de ces industries (métallurgie d'aluminium, briqueteries, fabrique de céramique, cimenteries, industrie de phosphates naturels...) où les fluorures interviennent comme matière première ou comme impureté, peut contribuer de façon considérable à long terme à l'exposition totale des ouvriers et des habitations à proximité. [14] Une pollution d'eau de mer comme c'est le cas du complexe des engrais phosphatés ASMIDAL à Annaba en Algérie, ou d'eaux souterraines peut être causée par les rejets liquides des usines. En général, les fluorures contenus dans l'eau de boisson constituent l'essentiel de la ration quotidienne de l'homme en fluor fixée dans l'organisme humain. Elle dépend en grande partie de la concentration des fluorures dans l'eau et des conditions climatiques. Récemment, après avoir mené une enquête dans la région de Ouargla (Casbah, N'Goussa et Rouissat) affirme que la ration alimentaire moyenne journalière en fluor (Eau, thé, dattes et autres) de la population est de l'ordre de 4,11 mg/j. La quantité ingérée par l'eau constitue la principale source des fluorures soit 46,11% de la dose journalière moyenne.[7]

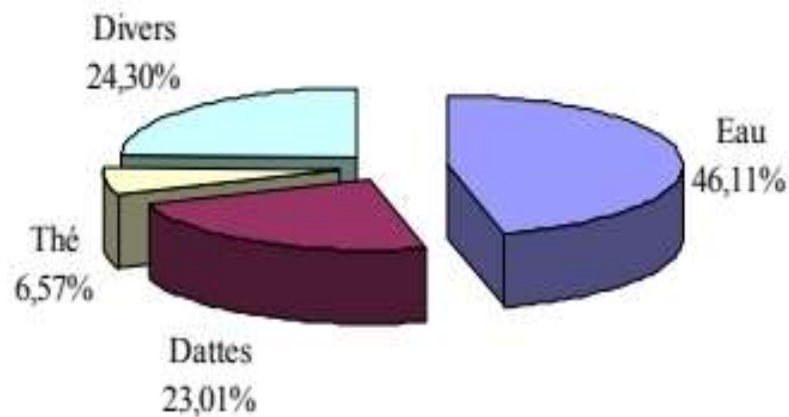


Figure I (1) : Répartition des différents apports de la dose d'exposition journalière de la population de Ouargla (Casbah, N'Goussa, Rouissat) (Nezli, 2004)

En absence de pollution industrielle, les eaux naturelles sont chargées en fluorures après être entrées en contact avec des matériaux fluorés constituant les sols, à la faveur de phénomènes physico-chimiques et biologiques. La teneur de l'eau en fluorures est donc variable selon les terrains traversés.

I-4-Effets physiologiques du fluor et de ses composés

Quelque soit le mode d'absorption du fluor, alimentaire, hydrique ou respiratoire, ci est véhiculé par le sang. 75% du fluor total est transporté par le plasma, le reste par les globules rouges. Environ la moitié du fluor ingéré est éliminée par l'urine. [18] Cette élimination est assurée secondairement par les fécès, la salive, la sueur et le lait. La plus grande partie retenue dans l'organisme se dépose dans le squelette (96%) et dans les dents (2%). Selon la dose et la nature du fluorure apporté à l'organisme, il peut avoir plusieurs effets: [6]

I-5-Fluorose endémique (hydrotellurique)

La fluorose endémique est une atteinte des dents et du squelette. Cette intoxication est décrite comme suit: [17]

I-5-1 La fluorose dentaire : Une concentration $> 1,5$ mg/l favorise la fluorose dentaire; il apparaît souvent sous forme d'une modification de l'émail dentaire provoquant des tâches jaunes ou marron, ou bien alors une apparence opaque crayeuse avec des stries ou des piqûres.

Ce phénomène est connu sous le nom de Dar mous dans le Sud d'Algérie ou émail tacheté et Emottel Enamel dans les pays anglo-saxons. Elle se manifeste par des taches opaques blanches, plus ou moins étendues sur l'émail. [15] Il s'agit de l'hypo-minéralisation ou de porosités diffuses surmontées d'une petite couche d'émail hyper-minéralisé. Il en résulte une grande vulnérabilité de l'émail avec perte de substance et coloration dans le temps pour les stades les plus avancés. Elle peut apparaître lorsque l'apport journalier est supérieur à 0,1 mg/kg. Des disparités apparaissent avec la susceptibilité personnelle des enfants. On estime qu'il existe un risque de fluorose en denture permanente dès que l'apport excède 0,02 mg/kg/j soit une quantité bien inférieure à la dose prophylactique optimale de 0,05 mg/kg/j préconisée par. [9]

La fluorose dentaire est une atteinte d'ordre esthétique. Au Sénégal, comme dans de nombreux pays du monde, les études montrent qu'à partir de 2 mg/l, tous les enfants sont atteints et que 60% d'entre eux ont des fluoroses graves pour des teneurs voisines de 4 mg/l. [14]



Figure (I) 2 : mon trant les effets du fluor Sur les dents

I-5-2 la fluorose squelettique :

L'exposition prolongée à des concentrations en ions fluorure supérieures à dix fois la norme admise (1,5 mg/l), représente un danger important d'intoxication sur le squelette : [12] L'ostéopéotrose, c'est-à-dire une hyper calcification, qui s'accompagne dans les cas graves une érosion osseuse et l'os perd sa souplesse et devient dur et cassant. L'ostéopéotrose, est une maladie diffuse du squelette, caractérisée par une masse osseuse basse et des altérations de la microarchitecture osseuse, responsables d'une augmentation de la fragilité osseuse. C'est une maladie grave qui s'accompagne d'une augmentation de la morbidité et de la mortalité, c'est-à-dire la décalcification du tissu osseux ou l'os devient poreux, léger, friable et cassant. Des

atteintes plus graves encore concernant les os et les articulations (fluoroses osseuses) sont observés lorsque l'eau contient plus de 7 mg/l. [11]



Figure (I) 3 : l'effet du fluorure sur les os

I-6-Présence des fluorures dans l'environnement

La croûte terrestre contient environ un dixième d'un pour cent de fluor, ce qui fait du fluor le treizième élément le plus commun sur terre. Il est abondant dans les roches volcaniques, les sols en phosphate de calcium, les eaux souterraines et dans certains aliments. Son activité chimique est telle qu'il n'existe pratiquement jamais à l'état libre dans la nature mais sous forme de combinaison avec d'autres éléments. [1]

I-7-Le Fluor dans l'eau

Le fluorure se retrouve dans toutes les eaux naturelles à quelque concentration. Les eaux de mer contiennent environ 1 mg/l, tandis que les rivières et les lacs présentent généralement des concentrations de moins de 0,5 mg/l. Dans les eaux souterraines, cependant, les faibles ou fortes concentrations de fluorure peuvent se produire, en fonction de la nature des roches, Les

eaux riches en fluor peuvent se rencontrer dans les trois grands types de terrain que sont les bassins sédimentaires, les zones de socle cristallins et les régions volcaniques. La teneur en fluorure de précipitations dépend pour beaucoup de la nature et de degré de liberté des polluants atmosphériques qu'elles contiennent. Par ailleurs, dans les eaux superficielles et souterraines cette teneur dépend de nombreux facteurs : [13]

La porosité des roches et des sols où l'eau circule et la vitesse de cette circulation,

- ❖ La température à laquelle a lieu l'interaction entre les eaux et les roches,
- ❖ La composition des sels que l'eau traverse avant d'atteindre les nappes,
- ❖ La capacité chimique de l'eau à solubiliser le fluor. [24]

L'hydrodynamique du système aquifère joue quant à lui un rôle important par le temps de contact entre l'eau et les roches. [21] Ainsi, lorsque le flux des eaux souterraines est relativement lent, une nette augmentation des teneurs en substance totale dissoute (TDS) et en fluor est observée. Le rôle du climat est donc ici très important. Les faibles précipitations des régions arides entraînent généralement des temps de transfert de l'eau souterraine plus longs que dans les zones humides. [23] Les temps de contact eau/roche plus long provoquent alors un enrichissement de l'eau en substances minérales L'importance de l'hydrodynamique du système est également notable par la présence de quantité de fluorure souvent plus fort en aquifères captif que dans les aquifères superficiel. En région aride, l'évaporation qui affecte les eaux superficielles et des sols, susceptibles de s'infiltrer, est aussi un facteur important de l'augmentation des concentrations des eaux souterraines. [22] Les ions fluorures sont présents naturellement dans l'eau à des teneurs généralement inférieures à 1 mg/l dans les eaux superficielles et qui peuvent atteindre parfois 10 mg/l voire exceptionnellement 100 mg/l dans des eaux profondes. [19]

Conclusion :

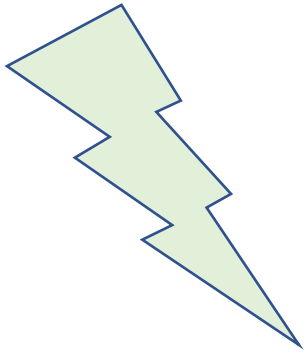
A travers ce qui précède et les études menées, nous concluons que le fluor a des effets négatifs lorsqu'il dépasse les normes internationales du quota, affecte les os et les dents, et provoque de nombreuses maladies, dont le «référence».

Le fluor est un élément essentiel et nécessaire dans l'eau potable, et le but l'élimination du fluorure est de traiter l'eau de concentration élevée et d'atteindre des normes acceptables.

Les références du Chapitre -I-

- [1]-**Aroua A.**, "Problèmes de santé liés L'hyperminéralisation de certaines eaux en Algérie, Semaine sur la déminéralisation de l'eau potable, Alger", 14-19 Novembre 1981.
- [2]- **Burk D., Yiamouyiannis J.**, Letter July 8 to Hon. James J. Delaney, Congressional Record, Proceedings and Debates of the 94th Congress, First Session, House of Representatives, July 21, 1975, pp; 23729–23732
- [3]- **Cerr MW., Juby AG., Carriere KC**, Mortality and environmental aspects of fluoride in sewage sludge. Water Res. Topics 1: 2003, pp; 211- 220.
- [4] -**D.D.A.S.S**, d'île de France, service santé Environnement, septembre 2000.
- [5]- **Fejerskov R., Banu E & Gokay N**, Effect of fluorosis on dentine shear bond strength of a Selfetching bonding system, Department of Restorative Dentistry & Endodontics, School of Dentistry, Suleyman Demirel University, Isparta, Turkey.1996.
- [6]-**Giambo N J., Prostak K.**, Denbesten PK, Characterization of fluorosed human enamel by color reflectance, ultrastructure , and elemental composition Fluoride 28: 4-216 (1995) also caries Research 29 (4) 251-257 (1995).
- [7]-**Hichour M.** Défluoruration des eaux par procédés amembranes échangeuses d'ions: Dialyse de Donnan et électrodialyse. Thèse de doctorat en chimie théorique, physique, analytique, Université de Montpellier II.1998.
- [7]-**Kessabi**, Métabolisme et biochimie toxicologique du fluor, Rev. Méd Vét, 1984, pp; 135,497-510.
- [8]-**Kessabi M et Hamliri A.**, Toxicité ostéodentaire du fluor. Revue Vét. 159(9), 1983, pp; 747-752.
- [9]-**Kettab A.**, Traitement des eaux (les eaux potables), office des publications universitaires 12, Codification 2.02.3623, 1992.
- [10]-**Meunier P.J, Fermeias M, Duboeuf F, Chapuy M.C et Delmas P. d**, Augmentation de la densité
- [11] -osseuse vertébrale chez les grands buveurs d'eau minérale riche en fluor. Pres. Med., 1989, pp; 18,
- [12]-1423-1426.
- [13]-**OMS**, Fluor et santé, série de monographie, Genève, 59, 1972.
- [14]-**OMS**, Critères d'hygiène de l'environnement 36, fluor et fluorures, Genève, 1985.
- [15] -**OMS**, Le bon usage des fluorures pour la santé de L'homme, Genève, 1986.

- [16]-**OMS**, Fluorures et santé bucco-dentaire, Série de Rapports techniques 846 Organisation mondiale de la santé Ed., Genève, 1994.
- [17]-**OMS**, Fluoride in drinking-water, Background document for development of WHO guidelines for drinking- water quality, 1996.
- [18]- **Oldham P.D. et Newell D. J.** Fluoridation of water supplies and cancer. The journal of the Royal Statistical Society, vol 26 N0 2, series c, 1977, pp; 125-135.
- [19]- **Pierre M.**, Les eaux souterraines riches en fluor dans le monde, Maison de science de l'eau de Montpellier UMR 5569 HYDROSCIENCES CNRS-UMII- IRD, 2002.
- [20]-**Sharipo A** , fluor , in : les aliments de sécurité dans les consommation alimentaires des vitamines et de minéraux, Conseil supérieur d'hygiène publique de France, TEC et DOC Lavoisier édition., Paris, 1996, pp; 75-89.
- [21]-**Smith et Martell**, Cristal stability constants, Volume 4: Inorganic complexes, Plenum press, New York and London, 1976.
- [22]-**Taylor A**, Dent. Digest 60,1954, pp; 170-172.
- [23]-**WHO**, fluoride in drinking water, IWA Publishing, London, 2006
- [24]- **Yeddou A.R.**, Défluoruration des eaux du sharara Septentrional par électrolyse bipolaire. Thèse de Magister. ENA Alger. Janvier 1995.



Chapitre-II-
« Procédés de défluoruration des eaux »

Procédés de défluoruration des eaux

II-1-Introduction

Dans de nombreux pays, plusieurs procédés de défluoruration ont été retenus et leurs optimisations ont été développés soit à l'échelle du laboratoire, sur station pilotes ou même à l'échelle industrielle. [18] L'efficacité de ces procédés est variable selon la nature du procédé et les caractéristiques de l'eau à traiter. Les techniques les plus reconnues mettent en évidence des phénomènes d'adsorption, de précipitation, d'échange d'ions et les techniques membranaires et électrochimique [9]

II-2- Procédé d'adsorption

Les procédés d'adsorption mettent en œuvre essentiellement un phénomène de physisorption très rapide qui peut être suivi, du fait de la diffusion dans les pores, d'un phénomène de fixation chimique beaucoup plus lent. [18] Les fluorures ont la propriété de s'adsorber sur différents composés minéraux (comme l'apatite ($3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaCO_3) où l'ion carbonate peut-être remplacé par les ions fluorure pour donner une fluorapatite insoluble, mais également sur l'alumine, le charbon actif, la chaux enrichie de magnésie, l'image suivante montre processus d'adsorption [6]

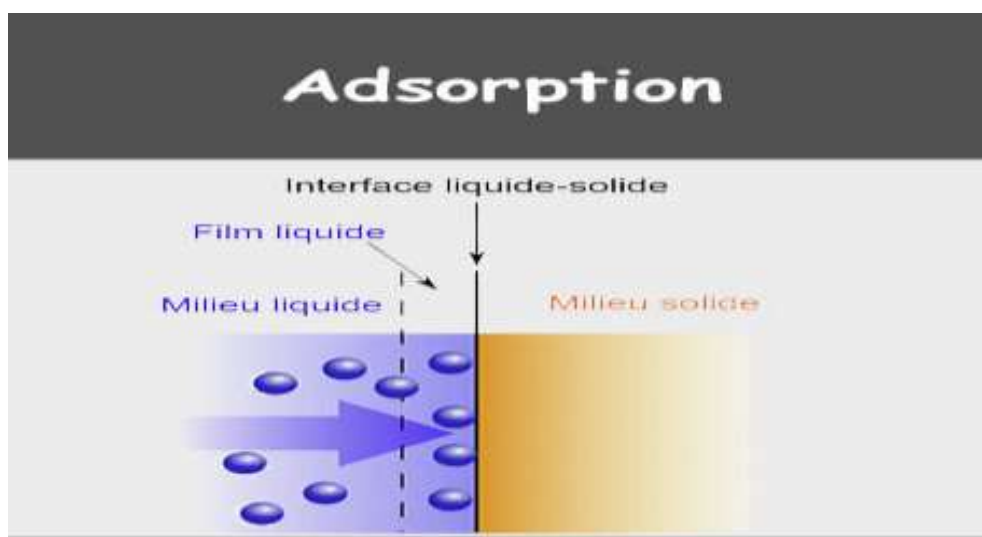


Figure (II)1 : processus d'adsorption

II-2.1. Le charbon Actif

L'application de ce procédé de défluoruration peut donner un bon rendement. Il élimine les impuretés de l'eau en les fixant et en les faisant s'accumuler à sa surface. Le processus de sorption est très dépendant du pH et est efficace à un pH inférieur à 3,0. Le charbon activé utilisé dans le traitement des eaux est surtout produit à partir du charbon du coke ou du lignite. [8]

II-2.2. Filtration sur phosphate tricalcique

Ce procédé a été largement utilisé aux Etats Unis d'Amérique. Le mécanisme se résume en un échange d'ions entre l'ion fluorure et l'ion carbonate ou hydroxyde de l'apatite ou l'hydroxyapatite. Le produit utilisée sont soit naturels (poudre ou cendre d'os) ou synthétiques préparés au sein de l'eau par mélange contrôlé d'acide phosphorique et de la chaux. [20] Ces produits synthétiques peuvent être utilisés en poudre ou en grains de 0,3 à 0,6 mm confinés dans un filtre (gravitaires ou sous pression). Il possèdent une capacité de rétention est évaluée de 700 mg/l . Ce procédé présent les inconvénients suivants : [2]

- Plus coûteux et moins efficace que le traitement par alumine activée.
- Le matériau sera régénéré périodiquement avec de la soude caustique et rincé à l'acide.
- Les eaux de régénération devront être récupérées puis traitées séparément [3]

2.3. Adsorption sur les argiles

L'intérêt accordé, ces dernières années, à l'étude des argiles par de nombreux laboratoires dans le monde se justifie par leur abondance dans la nature, l'importance des surfaces qu'elles développent, la présence de charges électriques et surtout la capacité d'échange des cations inter foliaires. [17] Les argiles ont la propriété d'adsorber certains anions et cation et de les retenir dans un état où ils sont échangeables avec d'autres ions en solution. Certain pays tels que l'Inde, ont adopté la défluoruration des eaux au moyen de petites installations domestiques en utilisant de l'argile. Au Sri Lanka, on a utilisé des filtres contenant une argile produite localement, riche en fer, des silicates d'aluminates et hématies, cuite à une température peu élevée. Chidambaram et al. ont testé l'élimination des ions fluorures par adsorption sur des matériaux naturels comme le sol rouge, le charbon de bois, la poudre de brique et la serpentine dont la composition correspond à la formule $Mg_6 Si_4 O_{10} (OH)_8$. [7]

En effet, 25 gr de chaque matériau ont été introduits séparément dans une colonne afin de tester leur capacité d'adsorption en fonction du temps de filtration, 10 mg/l de fluorures sont passés à travers la colonne et les résultats révèlent que le sol rouge possède une meilleure capacité de défluoruration (0,1 mg/l de fluorure résiduel après 30 min de contact), les autres sont obtenus après 30 minutes de l'essai. Le résultat d'une étude comparative entre la capacité de défluoruration de deux types [6]

II-3-Procédés membranaires

Les techniques à membranes sont beaucoup plus faciles à mettre en œuvre et présentent des capacités de production bien plus meilleures mais restent difficilement utilisables pour les pays en voie de développement du fait de leur coût très élevé et de leur manque de maîtrise de ces technologies. [21] Dans le sud Algérien, nous pouvons citer le cas de la station de déminéralisation des eaux de consommation d'Ouled Djilal (Biskra), et les procédés d'osmose inverse, d'électrodialyse ont montré leurs limites de fonctionnement. [1]

	TH (F°)	pH	Cl (mg/l)	F (mg/l)
Eaux brutes	44.5	7.75	600	0.84
Après osmose inverse	0	6.04	7	0.15
Après nanofiltration	1.9	7	112	0.59

Tableau (II) 1 : Résultats du traitement par nanofiltration d'une eau saumâtre fluorurée.

II-3.1 L'osmose inverse

L'osmose, et connu depuis le 18^{ème} siècle et n'a vu ses applications, que dans la deuxième moitié du 20^{ème} siècle. [15] C'est un procédé membranaire qui permet le passage de l'eau du milieu le plus concentré vers le moins concentré sous l'effet d'un gradient de pression. Cette dernière doit être supérieure à la pression osmotique qui s'exerce de part et d'autre de la membrane [4]

II-3.2 Nanofiltration (osmose inverse à basse pression)

La nanofiltration se situe sur une échelle de taille, entre l'osmose inverse et l'ultrafiltration. C'est un procédé membranaire qui permet, comme en osmose inverse, la rétention des sels minéraux avec une pression de fonctionnement plus faible (<20 bars). [16]

Les membranes de la nanofiltration, que l'on peut qualifier de semi denses, présentent des diamètres de pores de l'ordre du nanomètre. La nanofiltration permet de défluorer sélectivement les eaux saumâtres, en éliminant préférentiellement les fluorures par rapport aux autres sels, en particulier les chlorures. Une étude menée sur des eaux saumâtres au Sénégal, a montré que la comparaison des résultats rapport aux autres sels, en particulier les chlorures. [14] Une étude menée sur des eaux saumâtres au Sénégal, a montré que la comparaison des résultats obtenus en osmose inverse et nanofiltration 5met bien en évidence une déminéralisation plus poussée en osmose inverse. [13] Il peut être nécessaire de reminéraliser l'eau. Ainsi, la nanofiltration est apparue un procédé beaucoup plus économique que l'osmose inverse, elle effectue un dessalement partiel et il n'est pas nécessaire de reminéraliser l'eau pour qu'elle soit potable. [10]

II-3.3. Dialyse de Donnan

La dialyse repose sur la diffusion à travers une membrane de solutés ionique ou non, présents initialement de part et autre de cette barrière à des activités différentes, lorsque la membrane échangeuse d'ions utilisée est imperméable aux co-ions (ions de même signe de celui des sites), le transport ne peut avoir lieu que si des charges de même signe s'échangent entre les deux solutions et traversent la membrane en des sens opposés, on parle alors de dialyse se Donnan. Seuls les ions de même charge s'échangent en sens opposé à travers la MEI si la membrane est idéale. La membrane constitue la force motrice au transfert des ions XZ- et F-II est donc nécessaire d'utiliser une solution d'activité initiale nettement plus élevée dans le receveur (R), généralement 100 fois plus concentrée que la solution initiale dans l'alimentation (A) [11]

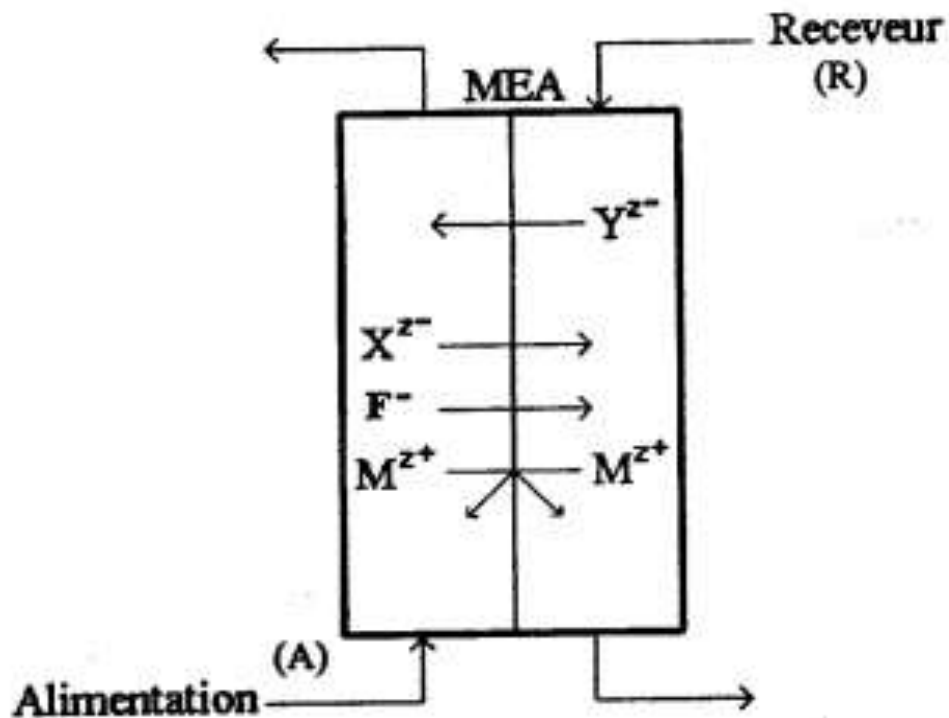


Figure (II) 2 : Représentation schématique de la dialyse de donneur.

Conclusion :

Compte tenu du danger du fluor sur le corps humain et de ses effets négatifs, nous avons abordé dans notre sujet aujourd'hui les méthodes d'élimination du fluor de l'eau, et ce sont des méthodes nombreuses et variées, et toutes les méthodes dont nous avons discuté nous donnent des résultats bons et efficaces dans le processus d'élimination du fluorure de l'eau.

Les références du Chapitre -II-

- [1]-**Adler H., Kelein G.**, Lidsay F.K, Removal of fluoride from potable water by tricalcium phosphate. Ind. Eng. Chem. 1938, pp; 30, 2,
- [2]-**Achour S., Youssef L.**, Excès des fluorures dans les eaux du Sahara Septentrional oriental et possibilités de traitement, Rev. L'eau, L'industrie, les Nuisances, Ed. Johanet, France, 2001, pp; 6, 47-54.
- [3]-**Barbier J. P.**, Mazounie P. méthodes d'élimination des fluorures, Filtration sur alumine activée : Un procédé de choix, congrès de Monastir. 1984.
- [4]- **Bouras O.** Propriétés adsorbantes d'argiles pontées organophilies : Synthèse et caractérisation. Thèse doctorat en chimie et microbiologie de l'eau, Université de Limoge France, 2003.
- [5]- **Barbier J. P., Mazounie P.** méthodes d'élimination des fluorures, Filtration sur alumine activée : Un procédé de choix, congrès de Monastir. 1984.
- [6]-**D.D.A.S.S.**, d'île de France, service santé Environnement, septembre 2000.
- [7]-**Degrémont.** Mémento technique de l'eau, Ed. Degrémont, Paris. 1989.
- [8]- **Edgar G.P.n**, Reducing fluoride in industrial wastewater, chemical engineering.1977, pp; 7, 89-94.
- [9]- **Hichour M., Persin F.**, Sandeaux J., Molénat et Gavach C, Défluoruration des eaux par dialyse de Donnan et électrodialyse. revue des sciences de l'eau 12/4, 1999-1998, pp; 671-686.
- [10]- **Hichour M.** Défluoruration des eaux par procédés a membranes échangeuses d'ions: Dialyse de Donnan et électrodialyse. Thèse de doctorat en chimie théorique, physique, analytique, Université de Montpellier II.1998.
- [11]-**Kemmer F.N**, Manuel de l'eau, Edition Technique et documentation, La voisier, Paris, 1984.
- [12]-**Kessabi**, Métabolisme et biochimie toxicologique du fluor, Rev. Méd Vét, 1984, pp; 135,497-510.
- [13]- **Kessabi M et Hamliri A.**, Toxicité ostéodentaire du fluor. Revue Vét. 159(9), 1983, pp; 747-752.
- [14]- **Kettab A.**, Traitement des eaux (les eaux potables), office des publications universitaires 12,Codification 2.02.3623, 1992.
- [15] **Maxime P., Michel R., Mariama N., Codou M**, Synthèse sur le problème de la fluorose

bilan des connaissances et présentation d'une nouvelle méthode de défluoruration des eaux de boisson, Cahiers Santé 6. 1996, pp; 27-36.

[16]- **Pontie M., Rumeau M., Ndiaye M., Mar Diop C.** Synthèse sur le problème de la fluorose au Sénégal : Bilan des connaissances et présentation d'une nouvelle méthode de défluoruration des eaux, Cahiers santé, 1996, pp; 6, 27-36.

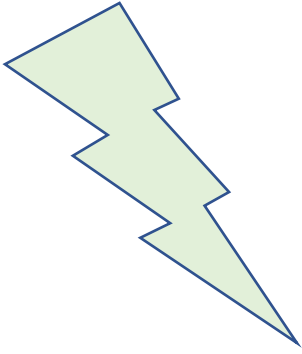
[17]-**Padmasiri J.P., Fonseka W.S.C.A., Liyanapatabendi T.** Low cost fluoride removal by upward flow household filter, advanced water treatment and integrater water system management into the 21 St century, Ed. Masson, France, 1995.

[18]-**Raymond Desjardins**, Le traitement des eaux, Edition de l'école polytechnique de Montréal, 1997, pp; 182-238.

[19]-**Rumeau M.** technique à membranes et dessalement de L'eau de mer et des eaux saumâtres, Principes Etat de L'art. Cours intensif, 11-15 Décembre 2004, Alger.

[20]-**Srimurali S., Pragathi A., Karthikeyan J.** A study on removal of fluorides from drinking water by adsorption onto low-cost materials, Journal, Environ. Pollution, 1998,pp; 99, 285-290.

[21]-**WHO**, fluoride in drinking water, IWA Publishing, London, 2006.



Chapitre-III-
« Généralité sur le Charbon Actif »

Généralité sur le charbon Actif

III-1-Introduction :

Les propriétés purificatrices du charbon sont connues depuis des milliers d'années mais leurs premières applications commerciales sont nées de la canne à sucre, à la fin du dix-huitième siècle.

Les charbons actifs, ont été les premiers parmi les matériaux adsorbants à être utilisés à l'échelle industrielle notamment pour la décoloration de sirop de sucre en Angleterre dès 1794. Suite à la première guerre mondiale (usage du masque à gaz) et à l'évolution industrielle du XXème siècle, les charbons actifs ont fait l'objet de nombreuses recherches leur permettant de devenir un produit industriel conventionnel, mais aussi de haute technologie. Ils sont actuellement, utilisés dans un grand nombre de procédés de traitement de l'eau. La production mondiale en Europe et en Amérique du Nord, se situait 500 000 tonnes environ, en 1992. Le charbon, classiquement utilisé comme combustible, est actuellement utilisé pour son haut contenu en carbone et ses propriétés spécifiques, notamment dans la fabrication des électrodes, des fibres de carbone, des catalyseurs et comme matière première pour l'élaboration des adsorbants sous la forme de charbon activé.[3]

III-2-Définition :

Le charbon actif (ou activité carbone) ou encore charbon activé est une poudre noire, légère, constituée essentiellement de matière carbonée à structure microporeuse (figure I.1). C'est, en fait, une sorte de charbon de bois présentant une très grande surface spécifique qui lui confère un fort pouvoir adsorbant.[1]



Figure 1 : Charbon actif.

III-3-Précurseurs des charbons actifs

Les charbons actifs sont les plus anciens adsorbants fabriqués industriellement à partir d'un grand nombre de matières carbonées d'origine organique ou minérale. Les précurseurs les plus employées sont : l'antracite, le bois, le lignite, les noix d'olives (cas de notre étude), les noix dattes, les noix de pistache, les noix de coco, le coke, le bitume, les coquilles de noix d'amandes, les résidus pétroliers, les pailles, les os, la tourbe, les pâtes à papier, les houilles et les fibres.[2]

III-4-Les différentes formes du charbon actif

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

III-4-1-Le Charbon actif en grain (GAC)

La forme du CAG est irrégulière et sa taille est comprise entre 0.2 –5 mm. Il est majoritairement utilisé pour l'élimination des micros polluants organiques et de la matière organique des eaux, mais il est également appliqué au traitement des gaz. Les caractéristiques physiques du CAG varient considérablement selon les matériaux constitutifs et le mode de fabrication.[8]



Figure 2: charbon actif en grain

III-4-2-Le Charbon actif en poudre (CAP)

Le charbon actif en poudre prend la forme de grains de taille comprise entre 10 et 50 μm . Sous cette forme, il s'utilise souvent pour le traitement de l'eau et du gaz. Dans le premier cas, il est généralement utilisé en combinaison avec un traitement clarificateur pour augmenter le temps de contact entre le charbon et l'eau.[8]



Figure 3 : charbon actif en poudre

Le tableau 1 ci-dessous donne les avantages et inconvénients des CAP en comparaison avec les CAG

Tableau (III :1): comparaison entre CAP et CAG (Lenntech, 2004)

Avantages	Inconvénients
Le CAP coûte moins cher que le CAG	Le CAP ne peut pas être régénéré
Des quantités supplémentaires de CAP peuvent être rajoutées en cas de pointes de pollution accidentals ou temporaires	Une quantité très importante de CAP est nécessaire pour enlever toutes les traces d'impureté
L'adsorption est rapide dans la mesure où une grande partie de la surface de contact est directement disponible	La concentration maximum applicable est limitée à 80 mg/L.

c)-Il existe un troisième type de CA appelé charbon actif extrudé. Il prend la forme de cylindre et sa taille est comprise entre 0.8 et 5 mm. Il est plutôt utilisé pour traiter les gaz. Sa structure permet de limiter les pertes de charge lors du passage du gaz à travers le lit. Il contient peu de poussières et possède une forte résistance mécanique.[8]



Figure III :4 : charbon actif extrudé

III-5-Les étapes de préparation des charbons actifs

III-5-1-Choix du matériau d'origine

Tout matériau peu coûteux, contenant un fort pourcentage de carbone et un faible pourcentage en matière inorganique, peut servir à fabriquer des charbons actifs. Ils sont généralement obtenus à partir de bois, charbon, noix de coco, lignite, tourbe ainsi que des polymères synthétiques ou résidus de procédés pétroliers. Nous pouvons aussi citer comme autres exemples l'utilisation de résidus de la fabrication du café ou de la pyrolyse de boues activées. L'utilisation de sous-produits industriels s'inscrit dans une démarche de développement durable et de valorisation des déchets. La nature du matériau de départ, ainsi que les conditions de pyrolyse prédéterminent la structure et la largeur des pores.

III-6- Fabrication de charbon actif :

La fabrication de CA se décompose en deux étapes : la carbonisation (ou Pyrolyse) et l'activation

III-6-1-La carbonisation :

La carbonisation ou la pyrolyse est une décomposition thermique appliqué sur la matière première à haute température dans l'intervalle de (400°C à 1000°C) dans un four sous vide, ou avec un courant continu d'un gaz inerte (ex : azote), afin de minimiser le contact entre les produits carboné et les produits volatiles. A partir l'effet de chaleur les gaz volatiles va dégager, et par conséquence la substance restant va être plus riche en carbone. Le but de la carbonisation est d'obtenir un produit fortement carboné, par le dégagement des gaz volatils et les hétéroatomes (H, O), mais sa structure poreuse reste très limitée, ce qui nécessite de procéder à l'activation pour développer la structure poreuse.

III-6-2-L'Activation :

A pour but le développement de la structure poreuse en éliminant les goudrons qui obstruent les pores, élargir les pores créés durant le processus de carbonisation, et à créer les fonctions de surface (généralement oxyde) qui sont à l'origine des interactions entre les solides et les solutés adsorbés. On distingue deux types d'activation : activation physique ou activation chimique.

III-6-2-1-L'activation physique :

L'activation physique consiste en une oxydation à haut température (800-1000°C) par un agent oxydant gazeux. Les gaz principalement utilisés sont : l'air, la vapeur d'eau, ainsi que le dioxyde de carbone (CO₂), ou encore un mélange de ces gaz.

III-6-2-2-L'activation chimique

On mélange la substance carbonée (bois, tourbe, paille, papier, os, coquilles de noix, ...) avec des réactifs déshydratants et oxydants, on chauffe le mélange, puis on lave. Parmi les réactifs chimiques utilisés: ZnCl₂, H₃PO₄, H₂SO₄, NaOH, KOH...On cherche actuellement à produire des adsorbants de moindre qualité mais à partir de déchets tels que les ordures urbaines, cette activation se faite à une température de 500°C qui donne un charbon actif où les pores plus larges méso- et macropores prédominent.

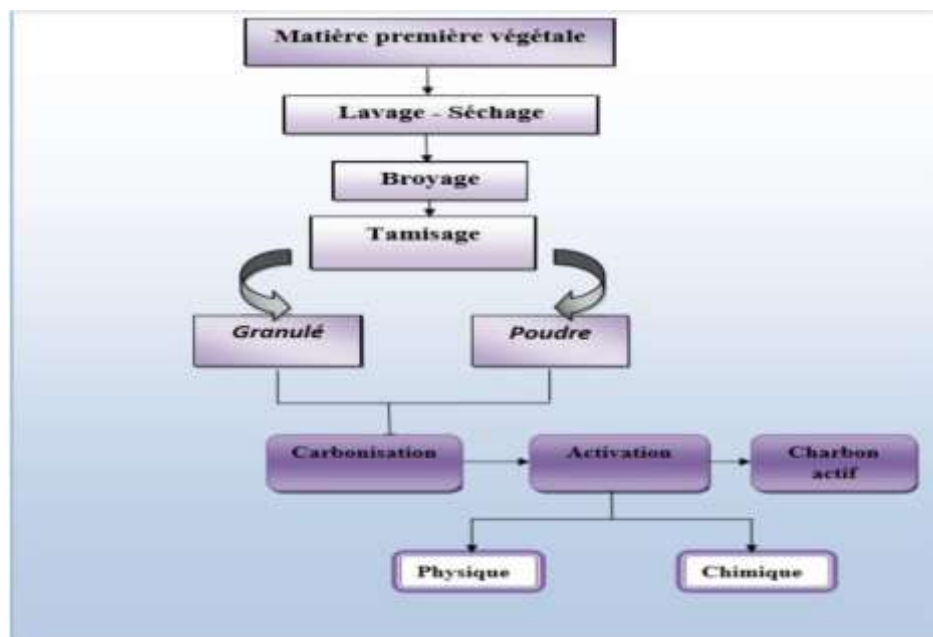


Figure III 5: Les étapes de fabrication du charbon actif

III-7- Structure du charbon actif :

Un charbon actif est constitué d'un agencement désordonné de microcristaux de tailles variables (5 à 150 Å). Chaque microcristal est constitué par un empilement irrégulier de 5 à 20 feuillets distants de 3,6 Å (Figure II.6) (Figure II.7). La présence d'hétéroatomes conduit suivant le mode de fabrication du charbon actif à la formation de groupements fonctionnels sur les arêtes des microcristaux.[7]

Les groupements carboxyliques, anhydrides carboxyliques, phénoliques, carbonyles et lactones sont les plus couramment rencontrés. Ces groupements de surface sont à l'origine du caractère hydrophile du charbon actif et de son potentiel électrocinétique. Ils confèrent au charbon actif des propriétés acido-basiques.[7]

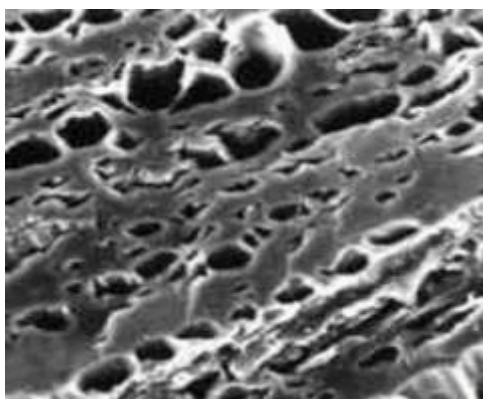


Figure III 6. Exemple de pores du charbon actif. (Lu jinyan (2005))



Figure III 7: Représentation de la microstructure d'un charbon actif

III-8-caractéristiques du charbon actif

L'emploi de ces supports adsorbants dans le domaine de traitement des eaux, nécessite la connaissance de leurs propriétés physico-chimiques. La connaissance de ces paramètres de caractérisation aide à l'explication des phénomènes qui régissent l'efficacité et la capacité d'adsorption du charbon utilisé. Cette étape consiste en une pyrolyse d'un précurseur préalablement déshydraté dans un milieu peu oxydant entre 200 °C et 600 °C. Une fois que les hétéroatomes sont éliminés, le matériau devient plus riche en carbone. Les atomes de carbone restants se regroupent en feuillets aromatiques qui s'arrangent ensuite d'une manière irrégulière laissant ainsi des interstices entre eux. Ces interstices donnent naissance à une porosité primaire du produit carbonisé dont la surface spécifique est de l'ordre de 10 m²/g. [8]

III-8-1- Caractéristiques physiques

III-8-1-1-Porosité :

Un certain nombre de paramètres permettent de caractériser un charbon actif et de déterminer ses conditions d'utilisation. Ils sont détaillés ci-dessous.

· Le volume poreux et la taille des pores : Selon la classification IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry), les tailles de pores sont réparties en 3 classes :

- ❖ Micropore < 1nm (1nm=10⁻⁹ m)
- ❖ Mesopore 1 – 25 nm
- ❖ Macropore > 25nm

Le volume poreux total des charbons actifs est de 0,5 à 1 cm³.g⁻¹ (50 à 70% en volume).

- Les micropores représentent généralement 90 à 95 % de la surface spécifique totale et sont responsable de la grande capacité d'adsorption des molécules de faibles poids moléculaire.
- Les mésopores (les pores de transition) représentent environ 5 % de l'aire massique totale du charbon. Ils sont le siège de tous les phénomènes de condensation capillaire.
- Les macropores jouent le rôle de couloir de passage vers les mésopores. Leur faible aire massique indique que leur rôle sur les capacités d'adsorption est limité.[8]

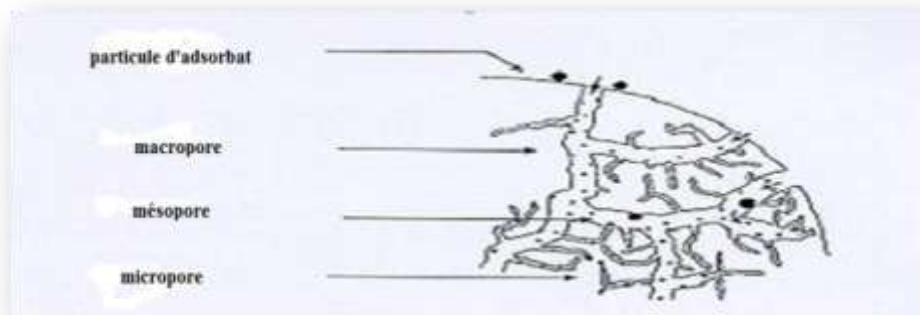


Figure III 8: Schématisation de la structure du charbon actif.(Abbes, k (2017))

III-8-1-2- Densité apparente :

C'est un paramètre utilisé surtout les charbons actifs en grains, C'est le poids de charbon par unité de volume exprimé en kg/m^3 ou dans certain cas en g/cm^3 . L'AWWA (American Water Works Association) recommande l'utilisation de charbons ayant une densité apparente supérieure à $350 \text{ kg}/\text{m}^3$.

Cette densité apparente détermine avant tout le montant de l'achat du charbon, généralement vendu au poids alors que le traiteur d'eau pense en termes de volumes à remplir. La densité détermine également l'expansion du lit de charbon pendant le lavage à l'eau. Il est préférable de choisir des charbons peu denses. [8]

III-8-1-3- La surface spécifique :

Par définition, la surface spécifique d'un spécifique d'un adsorbant est une surface par unité de masse. Elle est généralement exprimée en m^2/g .

En fonction du matériau d'origine, du type d'activation et des conditions de sa mise en œuvre, toute une gamme de charbons actifs est obtenue. Leurs surfaces spécifiques peuvent s'étendre de 400 à 2000 m²/g. Leurs distributions de microporosité sont variées et peuvent être adaptées à différents usages.

La surface spécifique est calculée en mesurant la quantité d'un gaz adsorbé à basse température (généralement l'azote à 77°K) et en supposant que la surface est recouverte par une monocouche de molécules [6]

III-8-1-4-Friabilité :

On estime la friabilité d'un matériau en appréciant la quantité de matériau restant utilisable après broyage, c'est-à-dire ayant la même taille effective que l'échantillon initial.

III-8-1-5- Granulométrie :

C'est la mesure de la dimension des grains du charbon actif. il est bien évident que tous les grains d'une certaine qualité de charbon actif n'ont pas la même dimension. Ainsi, il est indispensable de faire l'étude statistique des dimensions des grains du charbon.

La granulométrie consiste à peser un échantillon après séchage, ensuite par tamisage sur un empilement de tamis normalisés. On note le poids des matériaux qui ont traversé chaque tamis dont la maille est inférieure à la maille du tamis considéré, on exprime ce poids en pourcentage du poids de matériaux utilisés pour l'analyse, on trace ensuite la courbe représentant ces pourcentages en fonction des vides de maille de chaque tamis . On appellera taille effective la taille correspondant au pourcentage de 10 sur la courbe. c'est-à-dire la taille de particules pour 10% de l'échantillon se trouve au dessous de cette dimension .[4]

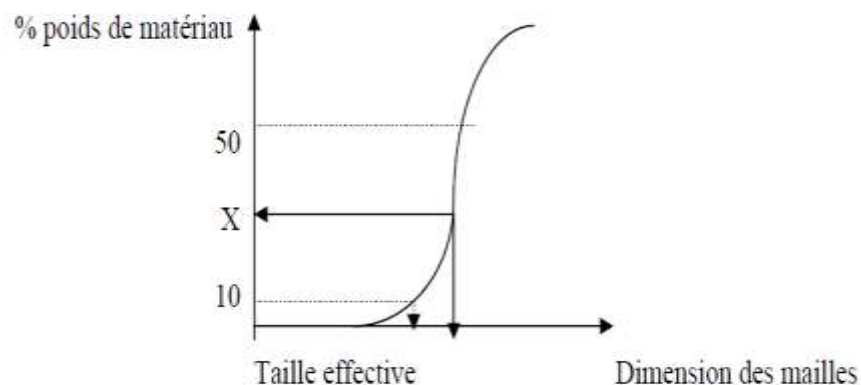


Figure III 9 : courbe de Granulométrie

III-8-1-6-Coefficient d'uniformité :

C'est le rapport entre la taille correspondant au pourcentage de 50 et celle correspondant au pourcentage de 10 (déterminé à partir de la courbe granulométrique). C'est un paramètre utilisé [3]

$$CU = (Taille\ de\ 50\ \%) / (Taille\ de\ 10\ \%)$$

III-8-1-7 Humidité et teneur en cendres :

Ces deux paramètres sont également importants lorsqu'il s'agit de sélectionner un charbon actif. A la livraison, l'humidité doit être inférieure à 5% tandis que la teneur en cendres ne doit pas dépasser 10% sinon le pH risque d'atteindre des valeurs élevées et de causer la précipitation des carbonates de l'eau sur le charbon. Ceci entraîne évidemment une baisse de la capacité d'adsorption.[5]

III-8-2-Caractéristiques chimiques :

Elles reposent essentiellement sur la capacité d'adsorption d'un charbon actif vis-à-vis de substances données. Dans certains pays, on utilise l'indice FINAD, c'est-à-dire la somme des notes attribuées pour l'adsorption des substances polluantes qui sont le phénol (F), l'iode (I), le phénazone (A) et les détergents (D). On se limite souvent aux indices FND. [10]

III-8-2-1- Indice d'iode :

L'indice d'iode (iodine number) permet de mesurer le contenu des micropores d'un charbon actif. Selon cette méthode, on met 10 ml d'une solution d'iode 0.1N dans un erlenmeyer et on dose par une solution de thiosulfate de sodium 0.1N, en présence de quelques gouttes d'une solution d'empois d'amidon comme indicateur jusqu'à la disparition de la couleur.

Ensuite on ajoute 0.05g du charbon actif à un erlenmeyer qui contient 15ml d'une solution d'iode 0.1N avec agitation pendant 4 min. Après, on filtre et on dose l'iode de 10ml de filtrat par la solution de thiosulfate de sodium 0.1N en présence de deux gouttes d'une solution d'amidon. [10]

L'indice d'iode peut être calculé par la formule suivante :

$$Id = \frac{(Vb - Vs) \cdot N \cdot (126.9) \cdot \left(\frac{15}{10}\right)}{M}$$

Où :

(Vb-Vs) : différence des résultats du titrage à l'essai à blanc et à l'essai avec adsorbant en (ml de thiosulfate de sodium 0.1N).

N : normalité de la solution de thiosulfate de sodium en (mol/l).

126.9 : la masse atomique d'iode.

M : la masse de l'adsorbant en (g).

Les résultats d'analyses d'humidités, des taux de cendre et des indices d'iode des matériaux.

III-8-2-2-Indice de phénol :

Il représente la quantité de phénol C_6H_5OH exprimé en mg, adsorbée sur charbon actif [5]

III-9- Les applications des charbons actifs

Le charbon actif est un matériau stable, pratiquement inflammable en raison de l'absence de produits volatils et doué d'excellentes propriétés d'adsorption qui sont à la base de ses utilisations. [9]

III-9-1- Adsorbant

Le charbon actif est un bon adsorbant, utilisé dans différents domaines :

- Le traitement des eaux potables ou des eaux industrielles qui sont produites à partir des eaux de surface. Le charbon actif fixe alors les composés organiques dissous qui n'ont pas été éliminés par autoépuration (ou élimination biologique naturelle). Nous citons en exemple les substances qui donnent le goût et la saveur à l'eau. Ces adsorbants retiennent également certains métaux lourds à l'état de traces.
- Le traitement tertiaire des eaux résiduaires ou industrielles. Dans ce cas le charbon actif peut être considéré comme un complément au traité biologique. Ce procédé est utilisé pour l'élimination des colorants.
- Le traitement des eaux résiduaires industrielles : ce traitement est employé lorsque l'utilisation des techniques biologiques n'est pas permise. Le but du charbon actif est donc d'éliminer les composés toxiques non biodégradables.
- La purification industrielle des produits pharmaceutiques, chimiques ou alimentaires (Sucre, huiles végétales...). [3]

III-9-2- Catalyseur

Le charbon actif peut agir comme catalyseur dans différentes réactions grâce à ses propriétés. Les plus importantes applications industrielles de charbon dans ce domaine sont la production de phosgène et l'oxydation des gaz nocifs.

Autre domaines d'utilisation des charbons actifs :

- Masques à gaz, filtres à cigarettes et filtres utilisés dans les installations de ventilation en circuit fermé (hotte de cuisine par exemple) ;
- Dans l'industrie, les charbons actifs utilisés pour la séparation en phase liquide ont des tailles de pores distribuées autour ou supérieures à 3 nanomètres (nm) tandis que ceux utilisés en phase gazeuse ont des tailles de pores inférieures :
- Extraction de l'or de SES minerais, stockage de l'hydrogène (nano fibre de charbon actif).
- Support pour métaux catalytiques ultra divisés (platine ou nickel sur charbon actif).
- Extraction de l'or des minerais (fixation sur le charbon actif).
- Balais (frotteurs) dans les générateurs et moteurs (utilisation de plus en plus rare).
- Médecine.[10]

III-10-Sources du charbon actif

Le charbon actif obtenu à partir de biomasse ou les sous-produits agricoles, qui coûtent moins cher que les charbons actifs issus de matières fossiles, peut être fabriqué à partir de beaucoup de substances ayant une grande teneur en carbone comme les coques de grains, les déchets de maïs, les coques de noix.

A l'heure actuelle la demande croissante de matériaux adsorbants pour des procédés de protection de l'environnement suscite une recherche complémentaire dans la fabrication des charbons actifs à partir de matières qui ne sont pas classiques, concrètement à partir des déchets végétaux.

Parmi les matières de base (précurseurs) utilisées aujourd'hui pour fabriquer le charbon actif, figurent la sciure de bois, la tourbe, le lignite, la houille, la cellulose, les résines échangeuses d'ions épuisées telles que les polymères styrène-di vinyle benzène, et les résines phénol formaldéhyde, les pneus automobiles usagés, les boues et le marc de café.

Le charbon actif obtenu à partir des déchets végétaux est pourtant très intéressant du point de vue économique, comme l'ont montré différentes études. Les matériaux les plus effectifs et commercialement viables sont les coques de noix et les noyaux de fruits, les coques d'amandée, les noyaux d'olives, les noyaux de pêches, et la coque de pécan.[9]

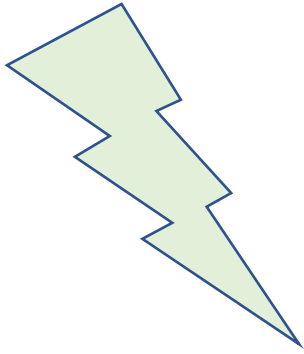
Conclusion

La principale application du charbon actif est la purification. C'est la vaste structure poreuse de la matrice charbonneuse qui assure l'adsorption par le charbon actif des produits contaminants indésirables des liquides et des flux gazeux, de manière économique.

En revanche la surface spécifique et la structure poreuse de charbon actif dépendent beaucoup des matières de départ et du mode de traitement.

Les références du Chapitre -III-

- [1]- G. ARDITI, "Technologies chimiques-Industrielles". Edition Eyrolles, 1968.
- [2]- G. COUDERC, "Contribution à l'état de l'adsorption binaire par les charbons non poreux et poreux". Thèse de Doctorat des sciences chimie physique. Université du NEUCHÂTEL, Décembre, 2002.
- [3]- E. IBAÑEZ, "Etude de la carbonisation et l'activation de précurseurs végétaux doux et mous". Thèse de Doctorat. Université de NEUCHÂTEL, Décembre, 2002.
- [4]- A. MEKARZIA, " Utilisation du charbon actif préparé à partir du marc de café dans le traitement et l'épuration des eaux ". Thèse de Magister. Ecole Nationale polytechnique, 2000.
- [5]- DEGREMONT , " Mémento. Technique de l'eau ". 10 ème édition copyright, 2005.
- [6]- A. DILMI, " Essais d'adsorption d'un Pesticide ' le lindane ' sur charbon actif en poudre ". Mémoire d'Ingénieur. Ecole Nationale polytechnique, 2004.
- [7]-Chaouch Noura (2014) Utilisation des sous-produits du palmier dattier dans le traitement physico-chimique des eaux polluées, thèse doctorat science, Université Hadj Lakhdar, Batna.
- [8]-Lu jinyan(2005) Etude comparative sur les charbons actifs, E-mail: lu@engref.fr OFFICE INTERNATIONAL DE L'EAU – SNIDE B.P.44494 – 15, rue Edouard Chamberland 34093 MONTPELLIER CEDEX 5 87065 LIMOGES Cedex.
- [9]-Mazouz, M et Kelaifai, L(2017) Evaluation de pouvoir d'adsorption d'un charbon actif commercial, diplôme de master Université Larbi Ben M'hidi ; Oum El Bouaghi.
- [10]- M. J. Ahmed, S. K. Dhedan. "Equilibrium isotherms and kinetic modeling of methylene blue adsorption on agricultural wastes-based activated carbons". Fluid Phase Equilibria. 317 (2012) 9-14.



Chapitre IV

« Méthodes et Matériels »

Méthodes et Matériels

IV-1 Introduction :

Le partie pratique de ce travail a été réalisé au niveau du laboratoire Centre de recherche scientifique de l'Université de Ouargla, au cours duquel nous avons mené un ensemble d'expérimentations dans le but d'étudier à l'aide de dispositifs, d'outils et de matériaux, que nous aborderons dans ce chapitre avec des définitions et des images, puis expliquez la méthode de préparation de la solution mère par la suite.

IV-2 Matériels utilisés :

IV-3-1 Fiole conique (Fiole Erlenmeyer):

Appelée aussi "Erlenmeyer", c'est une fiole à fond conique et à col cylindrique très utilisée dans les laboratoires de chimie. Elle s'apparente à un bécher, sauf qu'elle a un col plus étroit, ce qui permet l'étanchéité du cycle à l'aide d'un bouchon en caoutchouc et est utilisé pour le mélange et l'étalonnage. L'erenmeyer est en verre borosilicaté et est gradué à l'extérieur pour donner une estimation du volume du contenu. La fiole conique est parfois appelée fiole Erlen Meyer, après avoir été inventée par le chimiste allemand Emil Erlenmeyer en 1861.



Figure IV 1: Une image d'un groupe d'outils de laboratoire.

IV -4- Agitateur magnétique (mélangeur magnétique) :

Il se compose principalement d'aimants rotatifs par action magnétique ou d'un autre champ magnétique qui ne lui est pas connecté. Habituellement, l'un des aimants permanents est connecté à un moteur électrique tandis que l'autre tige magnétique est immergée dans le liquide.

Lorsque l'aimant inférieur tourne, la tige magnétique immergée dans le liquide est affectée et essaie de tourner dans le même sens que l'aimant en rotation sans aucun contact mécanique entre eux. Il est à noter que le moteur magnétique a été inventé en 1917 aux États-Unis de Amérique.



Figure IV 2: Agitateur magnétique.

IV-5- Multi Paramètres

C'est un outil électronique multi-mesure, c'est-à-dire qu'il mesure et donne plus d'un résultat pour plus d'un facteur au même moment, comme la mesure de la température, Conductivité, PH de la solution.



Figure IV 3 : Multi Paramètres pour mesurer Cond, T° et pH.

IV-6- Spectrophotomètre :

Le spectrophotomètre est souvent utilisé pour surveiller le changement de concentration soit du réactif soit du produit en mesurant l'absorption à une durée spécifique dans le temps, nous utilisons donc deux petites bouteilles pour le premier appareil que nous remplissons d'eau distillée à la limite existante. Dans celui-ci et encore avec la solution dans laquelle vous voulez connaître la concentration en fer, nous fabriquons la première bouteille à l'intérieur de l'appareil jusqu'à ce que nous ajustions et veillons à ce que la concentration f soit nulle, puis nous entrons dans la deuxième bouteille et nous enregistrons le résultat donné



Figure IV 4 : Spectrophotomètre

IV – 7 La preparation des échantillons:**IV-7-1 1Préparation de la solution mère :**

Nous prenons un bécher gradué d'une capacité de 500 ml et le remplissons d'eau distillée, y ajoutons une quantité de poudre de Fluorure de sodium d'un poids de 3 mg et on le met sur le dispositif mélangeur magnétique pendant 03 minutes rapidement (200 rpm) pour rendre le mélange homogène puis on réduit la vitesse à (60 rpm) pour un autre 10 minutes pour s'assurer que le Fluorure de sodium est bien dissous.



Figure IV 5 : Préparation de la solution mère

IV-7-2 Préparation du Charbon Actif

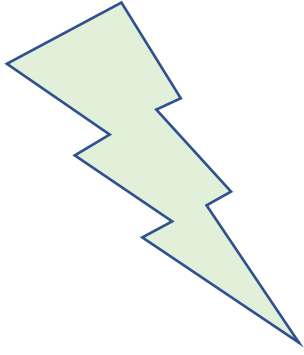
Les noyaux d'olives, avec de l'eau distillée jusqu'à la disparition de l'odeur et l'obtention d'une eau de rinçage claire. Les noyaux ont été séchés pendant 24 heures à une température de 105 °C dans une étuve. Ensuite les noyaux ont été broyés et tamisés pour obtenir une poudre, puis lavés plusieurs 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 IV 6 : Charbon Actif

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous nous sommes familiarisés avec les différents appareils dont nous avons besoin dans notre expérience et avons préparé les échantillons que nous étudierons dans le chapitre suivant.



Chapitre-V-
« Résultats et Discussion »

Résultats et Discussion

V-1 Introduction

Dans ce chapitre, nous réalisons un ensemble d'expériences sur une solution riche en fluor à l'aide d'un charbon actif préparé à partir des noyaux d'olives, en tenant compte des conditions de l'expérience afin d'étudier l'effet de facteurs comprenant ;

- Influence du Temps de contact
- Influence de la masse d'adsorbant

V-2. Préparation du solution mère

On remplit le bécher avec 1 litre d'eau distillée, on ajoute 0,007 gramme de NaF pour obtenir une concentration initiale des ions fluorures égale à 3 mg/l, puis on met le bécher dans l'agitation à vitesse 300 (tr/min) pendant 30 minutes donc notre solution est prête.

A) Influence du Temps de contact

Mettre dans le Becher 40 ml de la solution mère puis ajouter 0,05 g de charbon actif. On met le Becher dans l'agitateur magnétique à une vitesse de 300 (tr/min) pour des durées différentes de 15 minutes à 180 minutes. Après la fin de la période, nous filtrons l'échantillon puis mesurons le pH et la concentration finale.

❖ 1^{er} cas Charbon calciné à une Température de T=400°C

La variation de temps de contact a été réalisée dans les conditions suivantes :

$C_i = 3 \text{ mg/L}$, $V = 40\text{mL}$ et le charbon utilisé en premier temps est calciné à une température de $T=400\text{C}^\circ$; on prend une masse : $m = 0.050 \text{ mg}$. Le mélange étant en agitation avec une vitesse $\Theta = 300 \text{ (tr/min)}$, des prélèvements ont été effectués à intervalle de temps pour déterminer la concentration restante en Fluor. Le temps de contact maximum a été de 180 min. Les conditions initiales et les résultats qui on a obtenu sont résumés dans le tableau suivant :

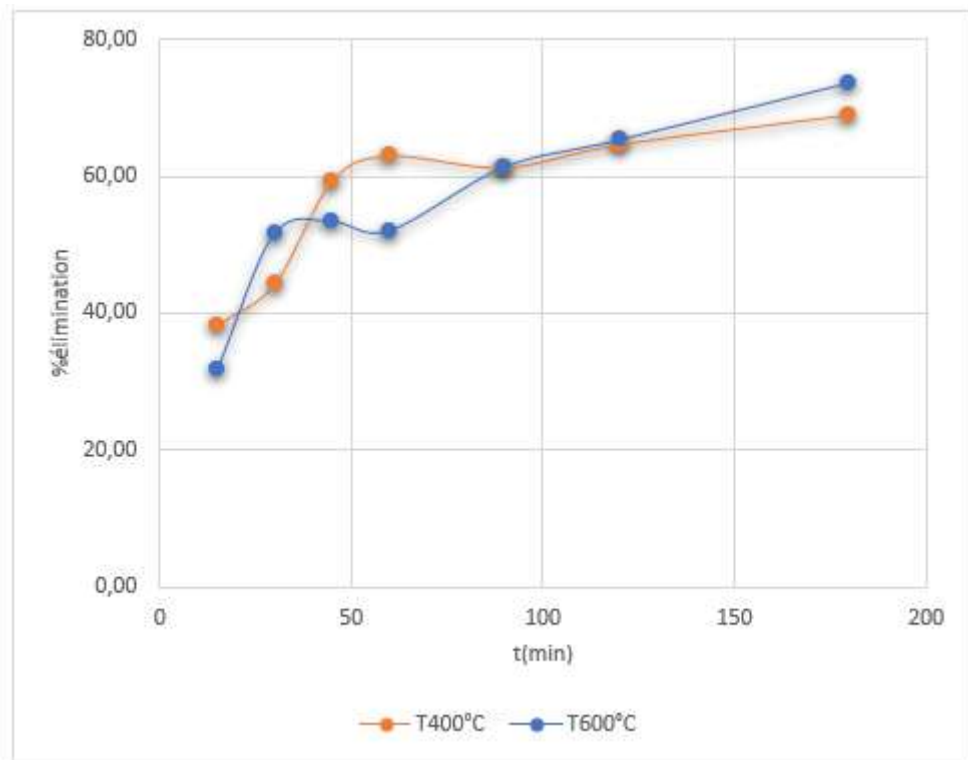
Type de Charbon :Nois d'olives							
Temperature de calcination : T°400							
	Ech01	Ech02	Ech03	Ech04	Ech05	Ech06	Ech07
m (g)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
V (ml)	40	40	40	40	40	40	40
t(min)	15	30	45	60	90	120	180
Θ(tr/min)	300	300	300	300	300	300	300
Ci (mg/l)	3	3	3	3	3	3	3
Phi	9,24	9,05	8,26	9,05	9,05	9,05	9,23
PHf	8,1	8,35	7,96	8,46	8,14	8,33	8,26
Ce (mg/l)	1,85	1,67	1,22	1,11	1,16	1,06	0,93
R(%)	38,33	44,33	59,33	63,00	61,33	64,67	69,00

❖ 2^{ème} cas Charbon calciné à une Température de T=600°C

Dans ce cas, la différence de temps de contact a été réalisée dans les mêmes conditions que précédemment sauf que le charbon utilisé est carbonisé à une température de 600° C. Le tableau suivant résume les conditions initiales et les résultats obtenus dans ce cas.

Type de Charbon :Nois d'olives							
Temperature de calcination : T°600							
	Ech01	Ech02	Ech03	Ech04	Ech05	Ech06	Ech07
m (g)	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
V (ml)	40	40	40	40	40	40	40
t(min)	15	30	45	60	90	120	180
Θ(tr/min)	300	300	300	300	300	300	300
Ci (mg/l)	3	3	3	3	3	3	3
Phi	7,76	9,12	9,3	9,17	8,45	8,73	8,69
PHf	7,59	8,94	8,74	8,28	8,01	7,57	7,69
Ce (mg/l)	2,05	1,45	1,4	1,44	1,16	1,04	0,79
R(%)	31,67	51,67	53,33	52,00	61,33	65,33	73,67

Visualisation graphique des résultats



Discussion :

Le graphique représente l'évolution du pourcentage d'ions fluor résiduels en fonction du temps de contact, il est très clair que ce pourcentage augmente avec le temps. Nous expliquons l'augmentation de l'adsorption au début du rendement due à la présence de places vacantes prêtes à l'adsorption des ions fluorures à la surface du charbon actif. Nous avons également constaté que le temps de retour idéal pour le traitement au charbon actif est de 180 minutes.

B) Influence de la masse d'adsorbant

Pour l'augmentation de la surface de contact (variation de masse du charbon actif), le temps de contact a été de 120 min. Cependant, les masses considérées ont été de 0.01, jusqu'à 0.25 g de charbon actif pour 40 mL de solution synthétique riche en Fluor 3 mg/L.

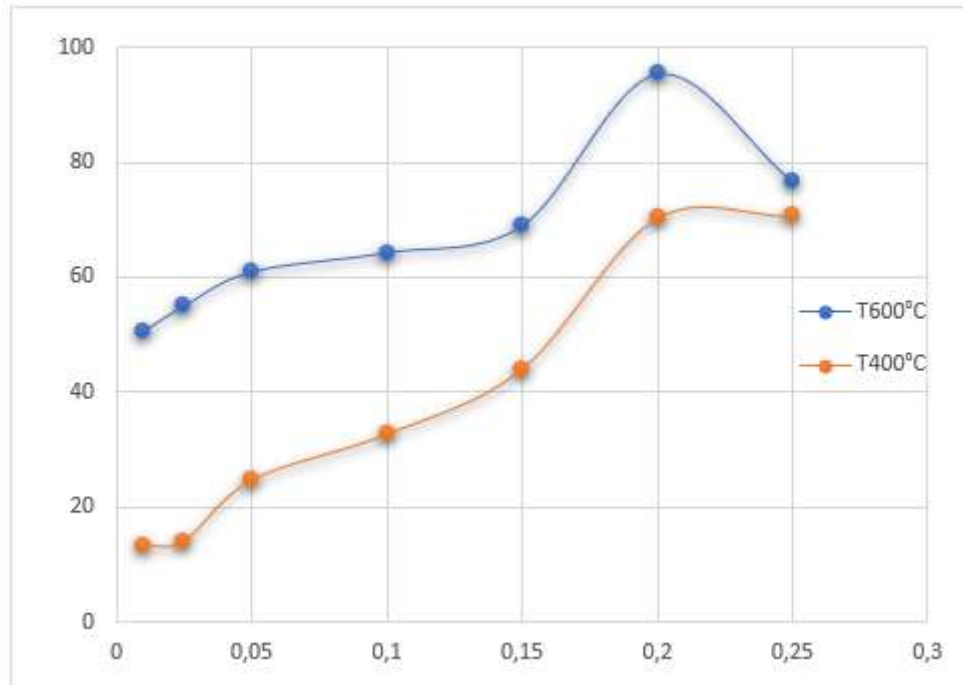
❖ **1^{er} cas Charbon calciné à une Température de T=400°C**

Type de Charbon : Noix d'olives							
Temperature de calcination: T°400							
Temps de Contact :120min							
	Ech01	Ech02	Ech03	Ech04	Ech05	Ech06	Ech07
m (g)	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
V (ml)	40	40	40	40	40	40	40
t(min)	120	120	120	120	120	120	120
Θ(tr/min)	300	300	300	300	300	300	300
Ci (mg/l)	3	3	3	3	3	3	3
Phi	7,62	7,71	7,45	8,14	7,93	8,07	8,03
PHf	7,75	8,02	7,71	8,19	7,84	8,97	9,07
Ce (mg/l)	2,6	2,58	2,26	2,02	1,68	0,89	0,88
R(%)	13,33	14,00	24,67	32,67	44,00	70,33	70,67

❖ **2^{ème} cas Charbon calciné à une Température de T=600°C**

Type de Charbon : Noyaux d'olives							
Temperature de calcination: T°600							
Temps de Contact :120min							
	Ech01	Ech02	Ech03	Ech04	Ech05	Ech06	Ech07
m (g)	0,01	0,025	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
V (ml)	20	20	20	20	20	20	20
t(min)	120	120	120	120	120	120	120
Θ(tr/min)	300	300	300	300	300	300	300
Ci (mg/l)	3	3	3	3	3	3	3
PHi	9,09	7,93	7,07	7,84	7,36	7,03	7,53
PHf	7,71	7,63	6,86	7,7	7,54	6,92	7,79
Ce (mg/l)	1,48	1,35	1,17	1,07	0,93	0,14	0,7
R(%)	50,67	55,00	61,00	64,33	69,00	95,33	76,67

Visualisation graphique des résultats

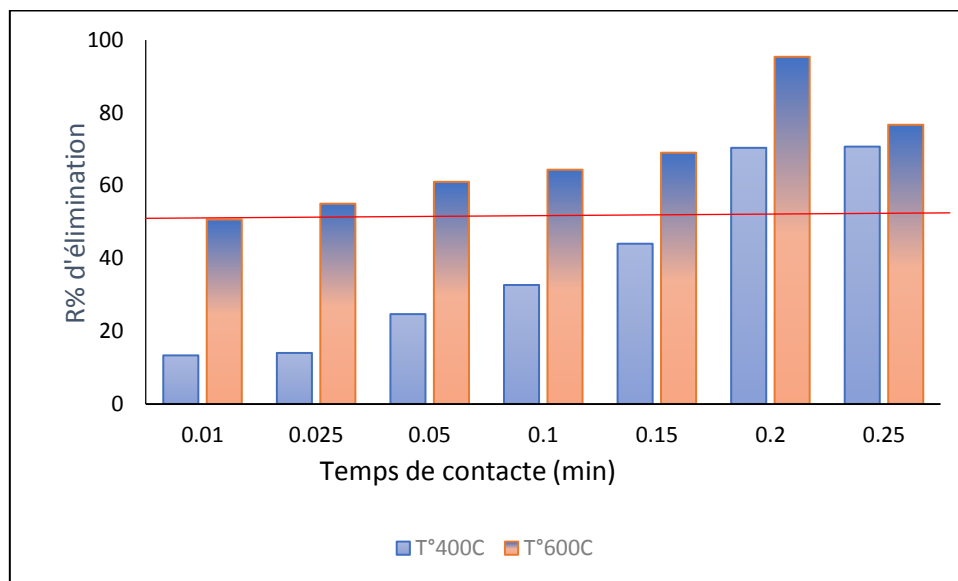
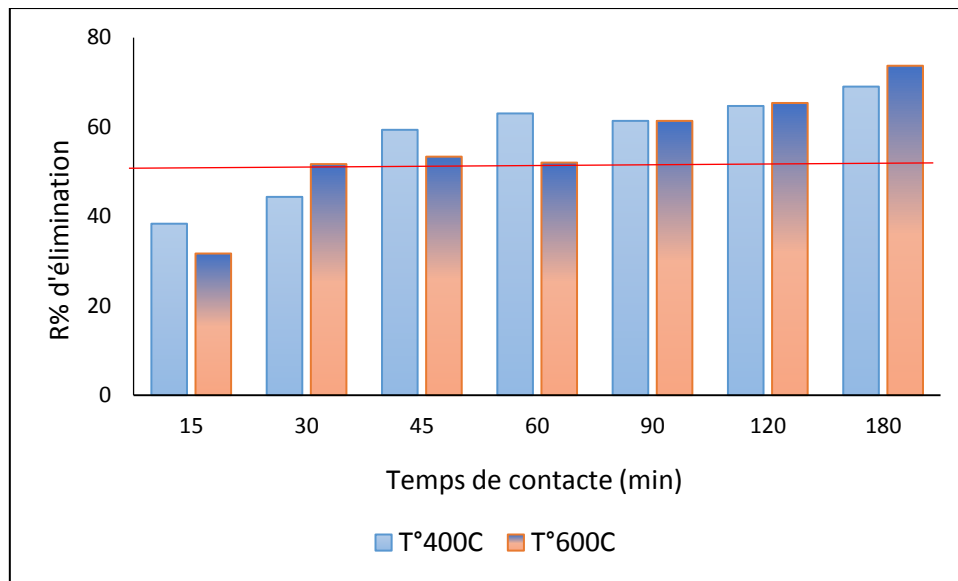


Discussion :

On remarque que lorsque la quantité du charbon en terme de masse augmente, l'adsorption des ions fluorure augmente à la surface du charbon actif. Ceci est considéré comme une augmentation du contact entre les ions fluorure et la masse adsorbante, cela s'explique par l'augmentation de la surface du charbon actif, ce qui entraîne une augmentation des sites d'adsorption des ions fluor.

D'autre part, on constate qu'après avoir traité la solution avec une quantité supérieure à 0,2, on constate une diminution du rendement du fluor éliminé, et cela peut s'expliquer par la saturation de la surface de la masse adsorbante en ions fluor.

V-3 Comparaison entre les deux cas de calcination



Discussion

Il est clairement démontré par l'histogrammes qui représentent la comparaison entre les adsorbants dans les deux températures de carbonisation que le processus de calcination à la température de **T600°C** donne des résultats considérables dans l'élimination des ions fluor par rapport à la température de **T400C°** ; cela peut s'expliquer par le fait que l'augmentation de la température de calcination a un rôle efficace dans l'opération par laquelle on modifie la structure d'un corps en le soumettant à une haute température formant ainsi de nombreux pores à la surface du charbon actif.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

A travers cette étude, nous avons essayé d'identifier l'un des composants les plus importants de l'eau potable qui a un impact significatif sur la santé humaine et l'environnement est le fluor. Cet élément ne se trouve pas seulement dans l'eau, mais on le trouve dans la plupart des aliments. Le fluorure aussi affecte négativement les humains et l'environnement car il ne respecte pas les normes fixées par l'organisation L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a déterminé une concentration appropriée de 1,5 g/l.

Sur la base de notre étude et en référence à des études antérieures dans le même domaine, il existe plusieurs façons de se débarrasser de l'excès de concentration de fluorure, y compris le dépôt, l'adsorption et les membranes. Dans notre étude, nous avons choisi d'appliquer la méthode de défluoruration en utilisant un charbon actif préparé à partir d'un déchets agricole c'est les noyaux d'olives.

Après avoir effectué les expériences nécessaires, analysé et étudié les résultats, nous avons constaté qu'en utilisant ce charbon actif, les ions fluor diminuaient de 3 à 0,7 mg/l après une calcination sous une température de $T600^{\circ}\text{C}$, avec un temps idéal de 120 minutes jusqu' à 180 minutes, qui est une valeur conforme aux normes internationales (1,5 mg/litre).

Ces résidus sont très abondants et bon marché et peuvent concurrencer les matériaux classiques. Donc, on peut conclure que notre nouveau matériau est un vrai concurrent pour le charbon actif commercial et que le mode d'activation est très efficace.

ANNEXES

Annexes

Une fiole jaugée



des papiers filtres.



un entonnoir.



une pipette



papier d'aluminium.



un bécher en verre gradué.



la balance.



un groupe d'outils de laboratoire

