

PREPARATION OF CHEMICALLY ACTIVE CARBONS BY HYDROCHLORIC ACID BASED ON NUT SHELLS

M. K. Bechki^{1,2*}, A. Lounas¹, L. Bechki², L. Zerrouk³, H. Bensaci¹

¹Laboratoire de valorisation et de Promotion des ressources sahariennes, Université Kasdi Merbah Ouargla

²Ecole normale supérieure, Ouargla, Algérie

³Université Echahid Hamma Lakhdar d'El Oued

Received: 23 January 2018 / Accepted: 14 April 2018 / Published online: 01 May 2018

ABSTRACT

The objective of this study is the valorization of the agricultural waste (nut shells) by preparing an active carbon from these wastes using the activating agent HCl 37%. The yields of the prepared active carbons were in the range 27.81 and 31.02 %. The influences of calcination temperatures in the range (550°C, 650°C and 750°C) on the adsorbent properties were studied. The overall results obtained indicated that the best maximum adsorption capacity of phenol was 26.31 mg/g, and the low capacity was 20.83 mg/g. In addition the maximum specific surface was 87.89 m²/g and the minimum was 69.588 m²/g respectively for the samples: CA0-550, CA1- 650 and CA2-750.

Keywords: nut shells; active carbon; phenol; adsorption; specific surface

Author Correspondence, e-mail: kbecki044@gmail.com

doi: <http://dx.doi.org/10.4314/jfas.v10i2.17>

1. INTRODUCTION

L'eau est un élément essentiel dans notre vie, à ce fait sa pollution constitue le danger le plus redoutable pour les êtres vivants. Cela veut dire la qualité de l'eau qu'elle soit destinée à la



consommation humaine, à l'irrigation ou celles qu'elle soit rejetée dans la nature, vers les rivières, les océans ou le sol, est devenue un problème capital et un souci majeur pour les pouvoirs publics, les instances et organisation nationaux et internationaux.

Le rejet des eaux usées chargées en substances polluantes dans les milieux naturels sans aucun traitement préalable est devenu un souci majeur compte tenu des effets néfastes qu'il peut engendrer sur l'environnement et la santé publique.

Le problème s'aggrave d'avantage lorsqu'il s'agit de polluants non biodégradables et/ou toxiques, considérés comme étant des éléments nocifs les plus dangereux tant pour l'être humain que pour l'environnement.

La présence des polluants organique dans les eaux usées minimise les performances des systèmes d'épuration biologique et réduit en conséquence la possibilité de réutilisation de ces eaux même dans les domaines les moins exigeants en termes de qualité. C'est pour cette raison que ces métaux lourds et les composes organiques sont éliminés d'effluents avant toute tentative d'épuration biologique.

La tache actuelle des experts en traitement des eaux ne consiste pas uniquement à appliquer des processus connus, étant donné que la croissance démographique et l'industrialisation ont augmentés la quantité et la diversité des déchets rejetés dans la nature, chose qui donne naissance à de nouveaux problèmes. Les virus, les métaux lourds, les polluants organique (le phénol,...), et les micropolluants engendrent autant de cas que le spécialiste doit résoudre techniquement et de façon économique.

Actuellement, l'adsorption sur charbon actif est largement appliquée pour l'élimination des polluants organique dans les solutions aqueuses. Cette technique économique et facile à mettre en œuvre offre la possibilité de réutiliser les déchets agricoles et préserver par conséquent l'environnement.

Différentes études ont été consacrées à la production des charbons actifs à partir de résidus ligno-cellulosiques : les coques de noix de pécan [1], d'amande [2], de noix de coco [3,6], les noyaux de dattes [5], les noyaux d'autres fruits [6,7,8] des bois [9,10], les gousses de Flamboyant *Delonixregia* [11].

Ainsi cette agriculture met à notre disposition annuellement des coquilles des

noix que nous allons essayer à travers cette étude de valoriser en élaborant un charbon actif et tester son efficacité dans l'élimination du phénol. Les charbons actifs (granulaires ou pulvérulents) sont les adsorbants les plus utilisés en raison de leur excellente capacité d'adsorption pour les polluants inorganiques) [12].

Les propriétés des charbons actifs dépendent du processus d'activation et de la nature des matériaux sources. De plus, dans les deux processus d'activation physique et chimique, la connaissance des différentes variables est très importante dans le développement de la porosité des carbones [13]. Les capacités d'adsorption élevées des charbons actifs sont liées à des propriétés telles que la surface, le volume des pores et la porosité [14].

Nos objectifs visés par cette étude sont les suivants:

- Elaboration d'un charbon actif à base des coquilles des noix.
 - Caractérisation texturales des charbons actifs sélectionnés.
 - Optimisation des conditions opératoires en faveur d'une meilleure adsorption du phénol.
- par l'étude de l'effet (La concentration d'adsorbat, la masse de charbon, le temps de contact, le pH).
- Modélisation mathématique des résultats expérimentaux.
 - Choix des charbons actifs efficaces relatif à chaque méthode de préparation.

2. RESULTATS ET DISCUSSION

2.1. Matériels

Les appareils employés dans cette partie expérimentale sont:

Etuve type JOUAN, Broyeur type KARL KOLB (0.2 à 2 mm), Tamiseur, Balance type METTLER PM 200, Four type SELECT-HORN, Agitateur type ROTOLAB, Pompe à vide de filtration, Thermomètre laser, pH mètres type inolab pH3710, spectrophotomètre UV-visible ((UV-120-02), UNICAM. He ISO (), Type: Helios Gamma).

2.2 Préparation de charbon actif à partir de coquilles des noix

2.2.1. Mode de préparation

Les caractéristiques chimiques (fonctions chimiques de surfaces, pH au point de charges nulle) des charbons actifs préparés ont été déterminées respectivement à partir des

méthodes de Boehm et de Lopez-Ramon et al [15,16].

Les coquilles des noix ont été entièrement lavés à l'eau chaude puis séchés dans une étuve à 105°C pendant 24 heures. Les coquilles des noix sèches sont broyées et ensuite tamisées pour ne retenir que la fraction comprise entre 0.2 et 2 mm. ajoutons une quantité de l'acide chlorhydrique (HCl) à 37%, après 24 heures de contact entre le charbon et l'acide, nous avons lavé le charbon actif par l'eau distillé chauffé à 70°C jusqu'à l'obtention de $\text{pH} = \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = 7 \pm 0,5$ et neutre en suite nous l'avons séché dans une étuve à 105°C pendant 24 heures..Elle a eu lieu dans un four SELECT-HORN ou la température a été élever graduellement jusqu'à un point finale de carbonisation à (550;650;750°C) pendant 2 heure ; pour chaque température avec une vitesse de chauffage 10°C.min-1.

2.2.3. Le rendement de synthèse des charbons actifs

Par ailleurs, le rendement des charbons actifs préparés par activation chimique est d'environ 3,7 fois plus grand que ceux obtenus par la méthode d'activation physique [17]. L'activation chimique génère des charbons actifs avec un meilleur développement des mésopores [18]

Le rendement de synthèse des charbons actifs est défini comme le rapport du poids du charbon actif obtenu (W_1) à celui des coquilles des noix sec (W_0):

$$\text{Rendement (\%)} = (W_1 / W_0) \times 100 \quad (1)$$

Les rendements de synthèse des CAS obtenus par l'opération de calcination, données dans le tableau suivant :

Tableau 1. Les rendements de synthèse des charbons actifs

| Échantillon | Masse initiale (g) | Masse finale (g) | Rendement (%) |
|-------------|--------------------|------------------|---------------|
| CA0-550 | 100 | 31,02 | 31,02 |
| CA1-650 | 100 | 29,32 | 29,32 |
| CA2-750 | 100 | 27,81 | 27,81 |

Les rendements de synthèse des charbons actifs préparés sont situés dans la gamme **27,81** et **31,02%** pour la température 550°C;600°C et 700°C (Tableau 1).

Par la comparaison entre les échantillons calcinés dans la temperature,on remarque que les

rendements sont décroissantes, donc on conclue la décomposition du coquilles des noix augmenté avec la température.

2.2.4. Protocole expérimental d'adsorption

Une solution mère de phénol avec une concentration de 1000 ppm a été préparée en mélangeant une quantité appropriée de phénol solide avec l'eau distillée. La solution mère a été convenablement diluée par l'eau distillée aux concentrations (90, 200, 300, 500, 700, 900, and 1000 ppm).

Ainsi, l'adsorption du phénol (Aldrich, pureté 85 %) a été étudiée sur nos échantillons de charbon actif. Des études d'adsorption ont été réalisées dans des tubes à essais par l'utilisation de 0.5 mg de charbon actif introduit dans 20 ml de solution de phénol avec différentes concentrations initiales dans la gamme 90 - 1000 ppm.

Le pH des suspensions est $\text{pH} = 7 \pm 0.5$, le temps de contact entre le phénol et le charbon active gardé dans tous les expériences par 2h, la température d'adsorption est 25 ± 2 °C, Une agitation vigoureuse par un barreau magnétique à 350 tour/min permet une bonne mise en contact de l'adsorbant avec la solution.

La filtration a été réalisée par l'utilisation d'un entonnoir rempli par le coton, les suspensions ont été conservées dans des tubes spéciaux. Après la filtration on a vérifié que le filtrat est clair et n'est pas colorée. Les concentrations à l'équilibre ont été déterminées par spectrophotométrie à 270 nm.

La quantité adsorbée en phénol par une gramme de charbon actif (q_e) a été calculés par l'utilisation de l'équation (2).

$$q_e = \frac{(c_0 - c_{eq})V}{m_{CA}} \quad (2)$$

- q_e est la quantité adsorbée sur le charbon actif par g de charbon actif (mol).
- C_{eq} est la concentration de l'espèce qui s'adsorbe à l'équilibre (mol (ou g)/L).
- C_0 est la concentration initiale de l'espèce (mol (ou g)/L).
- V est le volume de solution introduit au départ (L).
- m_{CA} est la masse de charbon actif (g).

Modèle de Langmuir

Langmuir [19] fut le premier à proposer une relation entre la quantité d'un gaz adsorbé et sa pression d'équilibre. Langmuir définit l'équilibre d'adsorption comme un processus dynamique entre les molécules arrivant à la surface et celles quittant la surface. L'isotherme peut être modélisée par l'Equation:

$$q_e = \frac{q_{\max} \cdot K \cdot C_e}{1 + K \cdot C_e} \quad (3)$$

Avec:

- **q_e** est la quantité adsorbée par masse d'adsorbant en (mol/kgCA) de charbon actif.
- **C_e** est la concentration à l'équilibre dans la phase fluide en (mol.m⁻³)
- **K** est une constante qui décrit l'énergie d'adsorption, c'est la constante de Langmuir (m³.mol⁻¹). Elle dépend de la température et donne une indication sur l'affinité de l'adsorbat pour l'adsorbant : plus elle est élevée et plus l'affinité est forte.
- **q_{max}** est la quantité maximale pouvant être adsorbée sur une masse donnée de solide et signifie une occupation totale des sites d'adsorption (mol/kgCA).

Modèle de Freundlich

L'isotherme d'adsorption de Freundlich [20] repose sur l'équation empirique suivante :

$$q_e = K \cdot C_e^{1/n} \quad (4)$$

- **K** : Capacité d'adsorption.
- **n** : Constante dépendant de la constante énergétique de distribution numérique des sites.

Les constantes K et n dépendent de la nature du soluté et du charbon actif utilisé Cette isotherme présente une singularité lorsque n < 1 : sa pente à l'origine est infinie [21].

Des développements de l'équation (3) et (4) conduisent à des formes linéaires de ces isothermes. Citées dans le Tableau 2:

Tableau 2. Les formes linéaires des isothermes de Langmuir et Freundlich [22]

| Isotherme | Expression non linéaire | Expression linéaire | Tracé |
|------------|--|---|------------------------------------|
| Langmuir 1 | $\frac{q_e}{q_m} = \theta = \frac{k_1 C_e}{1 + k_1 C_e}$ | $\frac{1}{q_e} = \frac{1}{C_e} \frac{1}{q_m K_1} + \frac{1}{q_m}$ (4) | $\frac{1}{q_e}$ vs $\frac{1}{C_e}$ |
| Langmuir 2 | $\frac{q_e}{q_m} = \theta = \frac{k_1 C_e}{1 + k_1 C_e}$ | $\frac{C_e}{q_e} = C_e \frac{1}{q_m} + \frac{1}{q_m K_1}$ (5) | $\frac{C_e}{q_e}$ vs C_e |
| Langmuir 3 | $\frac{q_e}{q_m} = \theta = \frac{k_1 C_e}{1 + k_1 C_e}$ | $q_e = -\frac{1}{K_1} \frac{q_e}{C_e} + q_m$ (6) | q_e vs $\frac{q_e}{C_e}$ |
| Langmuir 4 | $\frac{q_e}{q_m} = \theta = \frac{k_1 C_e}{1 + k_1 C_e}$ | $\frac{q_e}{C_e} = -K_1 q_e + K_1 q_m$ (7) | $\frac{q_e}{C_e}$ vs q_e |
| Langmuir 5 | $\frac{q_e}{q_m} = \theta = \frac{k_1 C_e}{1 + k_1 C_e}$ | $\frac{1}{C_e} = K_1 q_m \frac{1}{q_e} - K_1$ (8) | $\frac{1}{C_e}$ vs $\frac{1}{q_e}$ |
| Freundlich | $q_e = k_f C_e^n$ | $\ln q_e = \ln k_f + n \ln C_e$ (9) | $\ln q_e$ vs $\ln C_e$ |

3. EXPERIMENTAL

3.1. Type d'adsorption

La Figure 1 représenté les isothermes d'adsorption sur les charbons actifs du phénol en solution aqueuse obtenue expérimentalement. Ces isothermes sont de type L suggérant que l'adsorption se produit sur des sites spécifiques formant une monocouche, ce type caractéristique de l'adsorbant microporeux [23].

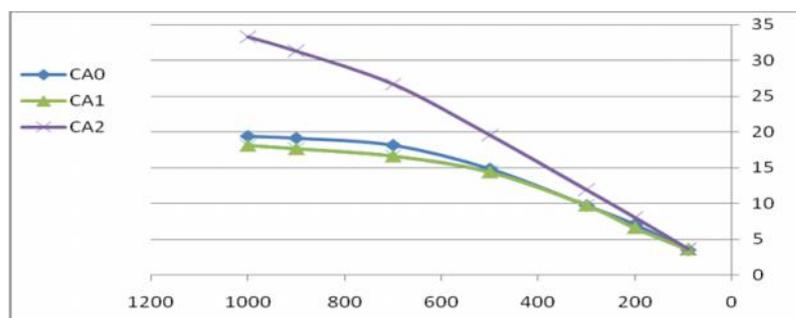


Fig.1. Isothermes expérimentales d'adsorption du phénol sur les charbons actifs a (550.650 et 750 °C.)

La simulation par le modèle de Langmuir 1 donne un bon accord où la gamme de

coefficient de régression est entre 0.975 et 0.99 (Tableau 3). La Figure 2 donne la représentation graphique de l'isotherme d'adsorption simulée par le modèle de Langmuir.

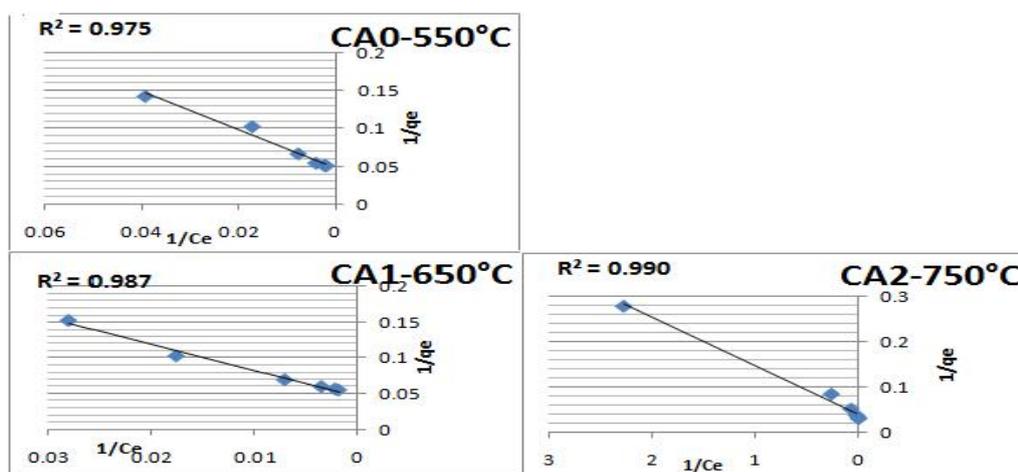


Fig. 2. Isothermes expérimentales du phénol sur les charbons actifs simulés (traits) par le modèle de Langmuir

Modèle de Freundlich

La simulation par le modèle de Freundlich donne des coefficients de régression à la gamme de 0,945 à 0,983 (Tableau 3) et les figure ci-dessous montrent la représentation graphique de ce modèle.

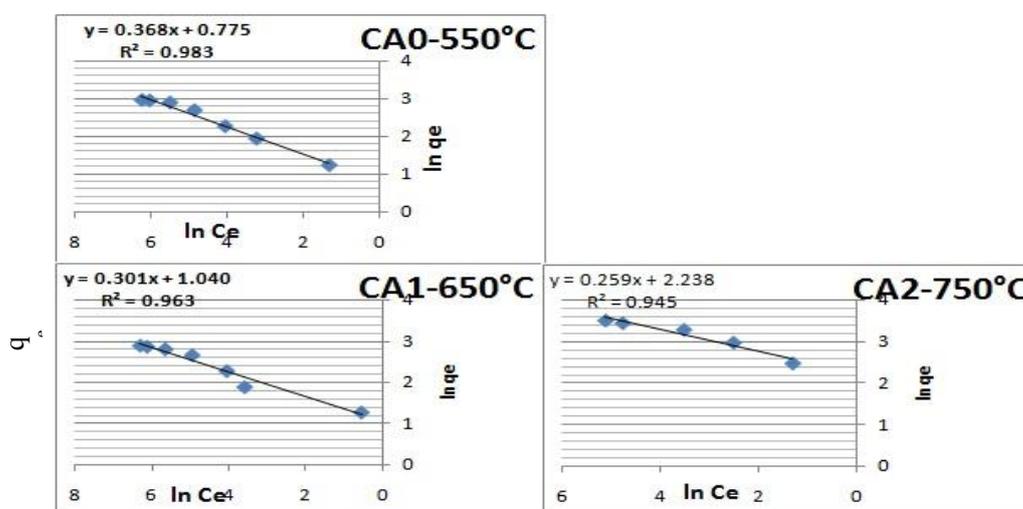


Fig. 3. Isothermes expérimentales d'adsorption simulée par le modèle de Freundlich; du phénol sur les charbons actifs étudiés.

Les constants de Langmuir et Freundlich des isothermes d'adsorption du phénol sur les charbons actifs étudiées donné dans le Tableau 3.

Table3. Les constants de Langmuir et Freundlich et les surfaces spécifiques des isothermes d'adsorption du phenol

| AC | Langmuir | | | Freundlich | | | |
|-----------|--------------|--------------|-------|------------------------|-------|-------|-------|
| | q_m (mg/g) | K_L (l/mg) | R^2 | SSA(m ² /g) | n | K_F | R^2 |
| CA0 -550 | 20,83 | 0,0189 | 0,975 | 69.588 | 0,368 | 2.170 | 0,983 |
| CA 1- 650 | 21,73 | 0,0127 | 0,987 | 72.59 | 0,301 | 2.829 | 0,963 |
| CA 2 -750 | 26,31 | 0,358 | 0,990 | 87.89 | 0.259 | 9.374 | 0,945 |

La meilleur capacité maximale dont tous les échantillons est obtenue à CA2-750 avec une capacité de 26,31 mg/g, et la faible capacité et de 20,83 mg/g pour l'échantillon CA0 -550.

Les surfaces spécifiques sont nettement plus importantes présentant des maximums de 87.89 m²/g et minimum de 69.588 m²/g respectivement pour les échantillons: CA0-550, CA1-650et CA2-750. On remarque que les surfaces spécifiques varient légèrement avec l'élévation de taux d'imprégnation.

3.2 . Effet de quelques paramètres sur la capacité d'adsorption

3.2.1. Effet de la masse d'adsorbant

L'étude de l'influence de la masse des charbons (CA0-550, CA1-650 et CA2-750), sur le phénomène d'adsorption, on utilise différentes masses de différents charbons actifs 0.1 à 1.3 g dans un volume de 10 mL de phénol.

La solution est maintenue sous l'agitation à raison de 350 tour / min, pendant 1 h. La concentration initiale de solution C0 = 90 ppm.

D'après Figure 4, on observe que la quantité de phénol adsorbée est diminuée avec l'augmentation de la masse de charbon actif jusqu'à m = 0.5g, cette diminution reste constant quel que soit l'augmentation de la masse de charbon.

La capacité d'adsorption augmente respectivement avec l'augmentation du taux d'imprégnation et quel que soit la concentration initiale.

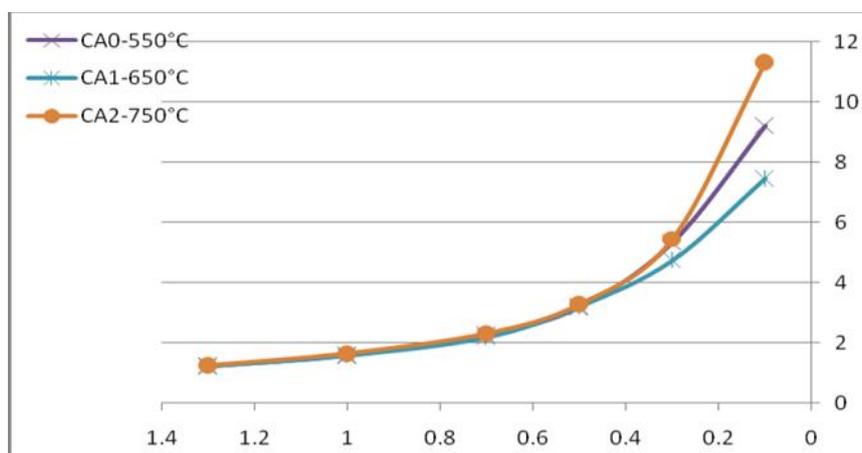


Fig.4. L'effet de la masse d'adsorbant sur l'adsorption du phénol en solution aqueuse du phénol sur les charbons actifs étudié

3.2.2. Effet de temps de contact

L'étude de l'influence du temps de contact est réalisée sous les conditions expérimentales a été étudié sur les charbons actifs suivants (CA0-550,CA1-650 et CA2-750).suivantes : volume = 10 ml, vitesse d'agitation = 350 tour / min, masse de charbon $m = 0.2$ g et $C_0=90$ ppm. Les résultats obtenus présenter graphiquement comme suit :

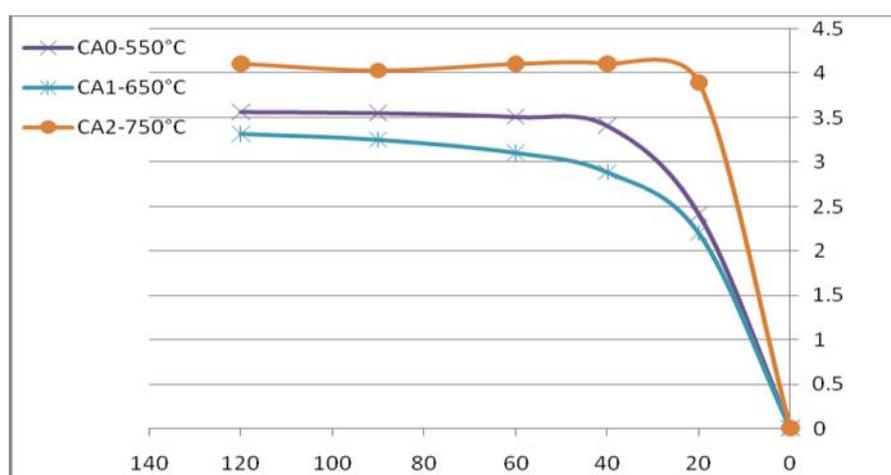


Fig.5. L'effet de temps de contact sur l'adsorption du phénol en solution aqueuse du phénol sur les charbons actifs étudié

D'après la figure 5, on remarque une augmentation de la quantité adsorbée de phénol en fonction de temps puis l'évolution de processus d'adsorption reste constante à partir de $t = 50$ min. Les resultants montrent que l'équilibre atteindre à 20 – 40 min.

3.2.3. Effet du pH

Le pH est un paramètre essentiel à prendre en compte dans les processus de l'adsorption.

Ce paramètre agit à la fois sur la solubilité et sur l'état d'ionisation de l'adsorbant.

L'effet du pH de la solution sur la capacité d'adsorption du phénol a été étudié sur les charbons actifs suivants (CA0-550, CA1-650 et CA2-750). La capacité d'adsorption est inversement proportionnelle avec le pH pour les trois charbons.

Les pH acides et basique son obtenus, par addition une goutte d'une solution d'acide HCl et même pour la solution d'hydroxyde .Le, temps de contact =1 h, masse de l'adsorbant =0.2 g, vitesse d'agitation =350 tour / min et la température ambiante .le volume = 10 ml.

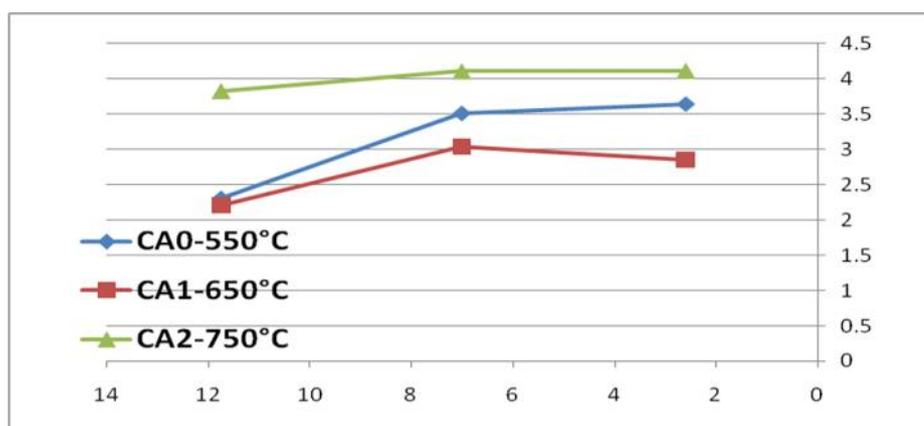


Fig. 6. L'effet de pH sur l'adsorption du phénol en solution aqueuse

A partir de Figure 6, on remarque que la quantité de phénol adsorbée dans les deux milieux acide ($\text{pH}=2.6$) et neutre ($\text{pH}=7.01$) est importante par rapport au milieu basique ($\text{pH}=11.75$) on remarque une diminution de la quantité adsorbée.

Ces résultats montrent que l'adsorption se fait de façon efficace dans les milieux acide et neutre et doit être faible dans le milieu basique.

4. CONCLUSION

L'objectif de ce travail est la valorisation des déchets agricole (coquilles des noix) et la préparation d'un charbon actif à partir de ces déchets. Cette étude se décompose en deux parties organisées comme suit:

- La préparation de charbon actif est effectuée par le broyage et le tamisage de la matière première puis activés chimiquement en présence de "HCl" comme agent activant.

- Les rendements de synthèse des charbons actifs préparés sont situés dans la gamme 27,81 et 31,02 % pour la température 550°C; 600°C et 700°C

- La caractérisation de nos charbon actif illustré par l'étude de l'effet de quelques paramètres qui influencés sur la capacité d'adsorption. L'ensemble des résultats obtenues, sont évident que :

- Les isothermes d'adsorption sur le charbon actif préparé sont de "type L" et sont compatible avec les modèles d'adsorption de Langmuir et Freundlich.

- La meilleur capacité maximale dont tous les échantillons est obtenue à CA 2-750 avec une capacité de 26,31 mg/g, et la faible capacité et de 20,83 mg/g pour l'échantillon CA0 -550.

- Les surfaces spécifiques sont nettement plus importantes présentant des maximums de 87.89 m²/g et minimum de 69.588 m²/g respectivement pour les échantillons: CA0-550, CA1-650 et CA 2-750.

- Si la température de calcination augmente, la perte en masse augmente, et la surface spécifique augmente.

- La capacité d'adsorption diminuée respectivement avec l'augmentation de la masse de charbon actif. et le temps de contact nécessaire pour obtenir un équilibre thermodynamique à partir de t = 50 min.

- L'étude de l'effet de pH montre que l'adsorption se fait de façon efficace dans les milieux acide et neutre et doit être faible dans le milieu basique.

5. REMERCIEMENTS

Je remercie Monsieur M.L Sekirifa Professeur a l'université Kasdi Merbah Ouargla, et Monsieur M. Hadjaj directeur de laboratoire de valorisation et technologie des ressources sahariennes, Je remercie également R. Cherraye et A. Debbaz de l'université Kasdi Merbah Ouargla.

6. REFERENCES

- [1] Guo Y, Rockstraw DA.2007. Physicochemical properties of carbons prepared from pecan shell by phosphoric acid activation. *Bioresource Technology* 98(8): 1513-1521.
- [2] Martínez de Yuso A, Rubio B, Teresa Izquierdo M. 2014. Influence of activation atmosphere used in the chemical activation of almond shell on the characteristics and adsorption performance of activated carbons. *Fuel Processing Technology*. 119: 74-80.
- [3] Sartape A, Mandhare A, Salvi P, Pawar D, Raut P, Anuse M, Kolekar S.2012. Removal of Bi (III) with Adsorption Technique Using Coconut Shell Activated Carbon. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 20(4): 768-775.
- [4] Cazetta LA, Junior PO, Vargas MMA, da Silva PA, Zou X, Asefa T, Almeida CV. 2013. Thermal regeneration study of high surface area activated carbon obtained from coconut shell: Characterization and application of response surface methodology. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 101: 53-60.
- [5] Girgis BS, El-Hendawy A A. 2002. Porosity development in activated carbons obtained from date pits under chemical activation with phosphoric acid. *Micropor. Mesopor. Mater.* 52(2): 105 - 117.
- [6] Aygün A, Yenisoy-Karaka S, Duman I. 2003. Production of granular activated carbon from fruit stones and nutshells and evaluation of their physical, chemical and adsorption properties. *Microporous and Mesoporous Materials*.,66(2-3): 189-195.
- [7] Puziy AM, Poddubnaya OI, Martinez-Alonso A, Suarez-Garcia F, Tascon JMD. 2005. Surface chemistry of phosphoruscontaining carbons of lignocellulosic origin. *Carbon*, 43 (14): 2857-2868.
- [8] Attia AA, Girgis BS, Fathy NA. 2008. Removal of methylene blue by

carbon derived from peach stones by H₃PO₄ activation: batch and column studies. *Dyes Pigments*. 76(1): 282-289.

[9] Budinova T, Ekinici E, Yardim F, Grimm A, Björnbom E, Minkova V, Goranova M. 2006. Characterization and application of activated carbon produced by H₃PO₄ and water vapor activation. *Fuel Processing Technology*. 87(10): 899-905.

[10] Ahmed Hared I, Dirion JL, Salvador S, Lacroix M, Rio S. 2007. Pyrolysis of wood impregnated with phosphoric acid for the production of activated carbon: kinetics and porosity development studies. *J Anal Appl Pyrolysis.*, 79(1): 101-105.

[11] Vargas AMM, Cazetta AL, Garcia CA, Moraes JCG, Nogami EM, Lenzi E, Costa WF, Almeida VC. 2011. Preparation and characterization of activated carbon from a new raw lignocellulosic material: Flamboyant (*Delonix regia*) pods. *Journal of Environmental Management*. 92(1): 178-184.

[12] El-Geundi M S. Adsorbents for industrial pollution control. *Adsorp. Sci. Technol*. 1997: 15: 777-787.

[13] Lozano-Castello D, Lillo-Rodenas M A, Cazorla-Amoros D, Linares-Solano A. Preparation of activated carbons from Spanish anthracite: I. Activation by KOH. *Carbon* 2001;39: 741-749.

[14] Tsai W T, Chang C Y, Wang S. Y, Chang C. F, Chien S F, Sun H F. Cleaner production of carbon adsorbents by utilizing agricultural waste corn cob. *Resour. Conserv. Recycl*. 2001: 32: 43-53.

[15] Boehm H. 1966. Chemical Identification of Surface Groups. Academic Press: London; 179-274.

[16] Lopez-Ramon MV, Stoeckli F, Moreno- Castilla C, Carrasco-Marin F. 1999. On the characterization of acidic and basic surface sites on carbons by various techniques. *Carbon*, 37(8): 1215-1221.

[17] Altenor S, Carene B, Emmanuel E, Lambert J, Ehrhardt JJ, Gaspard S. 2009. Adsorption studies of methylene blue and phenol onto vetiver roots activated carbon prepared by chemical activation. *Journal of Hazardous Materials.*, 165(1-3): 1029-1039.

[18] Prauchner MJ, Rodriguez-Reinoso F. 2008. Preparation of granular activated carbons

for adsorption of natural gas. Microporous Mesoporous Mater., 109(1-3): 581-584.

[19] I. Langmuir (1918), The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum, Journal of the American chemical society 40, 1361-1402.

[20] L. Samanni-Vaute, J-L. Fanlo et P. Le Cloirec 1993, Elimination de l'ammoniac sur divers adsorbants : charbons actifs, tourbes et boues de station d'épuration. Pollution Atmosphérique, 103-115.

[21] O. Talu, A.L. Myers (1988), Rigorous thermodynamic treatment of gas adsorption, AiChE. Journal 34(11), 1887-1893.

[22] LIMOUSIN G., GAUDET J. P., CHARLET L., SZENKNECT S., BARTHES V., KRIMISSA M. (2007), Sorption isotherms: A review on physical bases, modelling and measurement - Applied Geochemistry, 22, 249-275.

[23] J. Avom, J.K. Mbadcam, M.R.L Matip and P. Germain, J. AJST, Vol 2, N°2, pp. 1-7, 2001.

How to cite this article:

Bechki MK, Lounas A, Bechki L, Zerrouk L, Bensaci H. Preparation of chemically active carbons by hydrochloric acid based on nut shells. J. Fundam. Appl. Sci., 2018, 10(2), 235-249.