

ELIMINATION DU COLORANT BLEU DE CIBACRON EN SOLUTION AQUEUSE PAR LE PROCÉDE D'ADSORPTION

K. Annane¹, S. Adjaoud¹, O.Hocine¹, H.Grabi¹, W.Lemlikchi¹,

¹ *Laboratoire de Chimie Appliquée et Génie Chimique
Université Mouloud Mammeri UMMTO, BP 17,
15000 Tizi-Ouzou, Algérie, a_kahi@yahoo.fr*

Résumé :

L'objectif de ce travail porte sur l'étude de l'adsorption du colorant bleu de cibacron (BC) par les coques d'arachide (CA) considérées comme déchets naturels abondants, cet adsorbant apparaît très prometteur pour le traitement à moindre coût des rejets textiles.

Les divers paramètres qui affectent le processus d'adsorption comme la masse d'adsorbant, le pH, le temps de contact du bleu de cibacron et la cinétique ont été déterminés dans ce travail.

Les résultats expérimentaux ont montré une élimination remarquable dès les 60 premières minutes et que l'adsorption du colorant BC sur les coques d'arachide a atteint 97% à pH=2,2. La modélisation de la cinétique obéit au modèle de pseudo seconde-ordre.

Mots clés: Adsorption, coque d'arachide, bleu de cibacron, cinétique.

I. INTRODUCTION

La pollution des eaux et des sols par certains produits chimiques d'origine industrielle tels que les colorants, métaux lourds, phénols, etc ou agricole comme les pesticides et les engrais constitue une source de dégradation de l'environnement et suscite actuellement un intérêt particulier à l'échelle internationale. Les colorants organiques sont parmi les polluants qui constituent un grand risque sur l'environnement et la santé humaine vue leur résistance à la biodégradabilité, leur accumulation et leur utilisation dans plusieurs secteurs. De ce fait, de nombreuses études ont développées plusieurs procédés de traitement afin de réduire les quantités de ces contaminants des

milieux aquatiques tels que l'adsorption, la filtration, la coagulation, la floculation et la séparation par membranes. Dans ce contexte, le procédé d'adsorption s'avère être une technique simple et efficace pour l'élimination des contaminants de nature différente notamment les polluants organiques en utilisant différents supports solides tels que les adsorbants naturels (déchets) en raison des avantages qu'ils procurent en terme de leur abondance et leurs faibles coût.

Dans cette optique, notre choix s'est porté sur les coques d'arachide comme adsorbant, ce dernier a suscité un immense intérêt dans le domaine de la chimie inorganique. Plus récemment, l'utilisation de ce matériau pour l'élimination des colorants comme bleu de méthylène [1], remazole brillant bleu [2], cristal violet [3-4] et les métaux lourds tels que le cuivre [5-6], le chrome [7] et le plomb [8-9] a été développée. Ces auteurs ont constaté que ce procédé d'adsorption d'application simple et économique est de plus en plus étudié pour récupérer des polluants et permet d'améliorer les performances et que cette technique est prometteuse pour des applications industrielles en utilisant un matériau à faible coût.

Dans cette étude nous nous sommes intéressés à l'élimination par adsorption d'un colorant textile synthétique par un déchet naturel (coques d'arachide). Le colorant utilisé est de type anionique désigné sous le nom commercial, bleu de cibacron. Le choix de ce colorant est basé sur son abondance et sa toxicité.

II. PARTIE EXPERIMENTALE

II.1. Réactifs et solutions :

II.1.a. Produits chimiques

Les produits chimiques NaCl, HCl, NaOH, H₂SO₄ et HNO₃ ont été utilisés. Ces produits chimiques fournis par Aldrich sont de pureté analytique et ont été utilisés sans aucun autre traitement préalable.

II.1.b. Le colorant (Bleu de cibacron)

Le colorant bleu de cibacron, d'indice CI direct Blue de formule chimique C₃₂H₂₃ClN₇Na₃O₁₁S₃ et de masse molaire 878 g/mol, choisi dans cette étude provient de l'industrie COTITEX de Draa ben KHEDDA (wilaya de Tizi-Ouzou), il est nommé Reactive Blue 49 utilisé dans la teinture du coton, c'est un colorant réactif anionique car il contient des groupements sulfonates (SO₃⁻, Na⁺) donc il a tendance à se fixer préférentiellement sur les sites positifs.

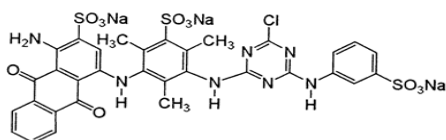


Fig.1 : Structure chimique du bleu de cibacron.

II.2. L'adsorbant

Concernant le choix du déchet agricole utilisé comme adsorbant dans ce présent travail notamment les coques d'arachide, on a pris en considération les deux paramètres suivants :

- La disponibilité locale de ces substances en grande quantité ;
- leurs faible coût et ne sont pas destinées à une autre utilisation.

L'arachide est une plante annuelle de la famille des légumineuses, elle produit des fleurs jaunes qui une fois fécondées donneront naissance à des fruits souterrains, nommés « cacahuètes ». Elle ne sera vraiment productive que dans les régions les plus chaudes de notre pays (à oued souf).

Préparation de l'adsorbant

Les coques d'arachides lavées avec l'eau distillée sont coupées en petits morceaux, puis séchées à l'air libre ensuite dans l'étuve à 50-60°C pendant 24 heures, puis broyer à l'aide d'un mortier Le broyage a été réalisé afin d'obtenir des matériaux homogènes pour le besoin des études de laboratoire, donnant des grains de petite taille. Cette poudre a été rincée avec l'eau distillée avec agitation magnétique à une vitesse de 350-400 tr/min pendant 24 heures à une température de 25°C afin d'éliminer la matière organique dissoute. Enfin, les particules utilisées pour les essais d'adsorption ont été isolées mécaniquement au moyen d'un tamiseur.

II.3. Expérience d'adsorption:

Les expériences d'adsorption ont été réalisées en mélangeant une masse définie des coques d'arachide avec 25ml de la solution colorée bleu de cibacron (BC) de concentration donnée. Après une agitation de 2 heures, la suspension a été filtrée et la concentration résiduelle de BC a été mesurée à la longueur d'onde qui correspond à l'absorbance maximale de l'échantillon ($\lambda = 587$ nm). 625 nm, en utilisant un spectrophotomètre UV visible. Les quantités du bleu de cibacron adsorbées par unité de masse de l'adsorbant et les rendements d'élimination au temps (t) sont calculées respectivement par les équations 1 et 2.

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t)}{m} V \quad (1)$$

$$R(\%) = \frac{(C_0 - C_t)}{C_0} \times 100 \quad (2)$$

q_t (mg.g⁻¹) : quantité adsorbée par unité de masse de l'adsorbant au temps t

C_0 , C_t sont respectivement les concentrations de BC initiale et résiduelle à l'instant t en mg.L⁻¹.

m: masse d'adsorbant (g)

V: volume de la solution (L)

III. RESULTAT ET DISCUSSION

III.1. Détermination du point de charge nulle de l'adsorbant :

Le point de charge nulle (pH_{pzc}) a été déterminé par la méthode citée par S. Alenar et al. [10]. Pour cela, on a placé 50 ml de solution de NaCl 0.01M dans des béchers fermés et on a ajusté le pH de chacun (valeurs comprises entre 2 et 12) par addition de solution de NaOH ou HCl 0.1M (Les mesures de pH sont effectuées avec un pH-mètre de marque HANNA Instruments). On a ajouté ensuite, à chaque bécher, 0.05 g d'échantillon de matériau à caractériser. Les mélanges ainsi obtenus, ont été maintenus sous agitation à température ambiante pendant 24 heures, et enfin le pH final a été alors mesuré. Le pH_{pzc} est le point où la courbe $pH_{final} = f(pH_{initial})$ intercepte la ligne $pH_{final} = pH_{initial}$. D'après le graphe de la fig.2, la valeur de pH_{PZC} est égale à **6,04**.

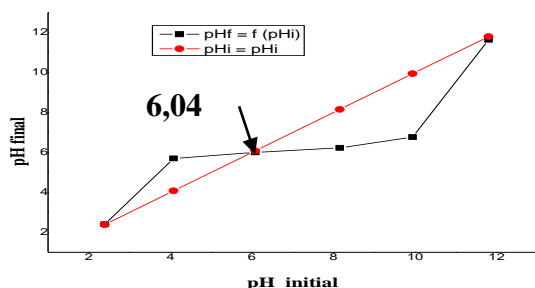


Fig.2: Détermination du point de charge nulle des coques d'arachide.

III.2. Effet de la masse de l'adsorbant

L'effet de la masse des coques d'arachide sur l'adsorption du colorant bleu de cibacron (BC) a été étudié à un $pH=2,2$ en variant la masse de l'adsorbant de 0,01 à 0,2 g. Le mélange obtenu a été ensuite agité à 250 tr/min pendant 2 heures, les surnageants obtenus ont été analysés par spectrophotométrie UV-Visible pour déterminer la concentration résiduelle du colorant en fonction de la masse de l'adsorbant ajouté. La figure 3 illustre les résultats obtenus.

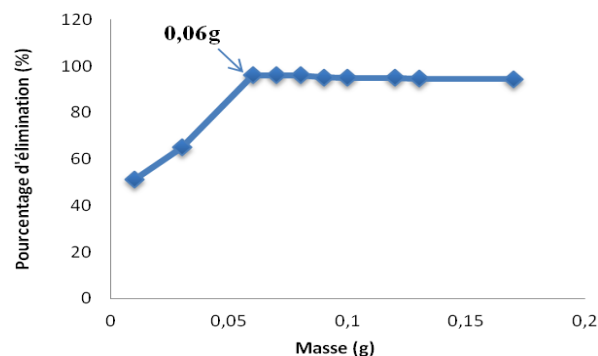


Fig.3: Influence de la masse de l'adsorbant (coques d'arachide) sur l'élimination du colorant BC ($T=22\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t=2\text{ h}$).

Cette figure montre que le pourcentage d'élimination de BC augmente lorsque la masse de l'adsorbant augmente. Ceci peut être attribué à l'augmentation de la surface disponible et le meilleur pourcentage d'élimination du colorant (97%) est obtenu pour une masse d'adsorbant égale à 0.06g.

III.3. Influence du pH:

Nous avons étudié l'efficacité d'adsorption du bleu de cibacron BC en variant le pH de 2 à 12 par ajout d'acide chlorhydrique (HCl) 0,1 N ou d'hydroxyde de sodium (NaOH) 0,1 N selon le pH voulu. Sous ces conditions de pH, une masse de 0,06 g de l'adsorbant a été agitée avec une solution colorée (BC). Le mélange est soumis à une agitation pendant 2 heures. Après filtration, le filtrat est récupéré et analysé par UV-Visible. Les résultats obtenus sont présentés sur la figure 4.

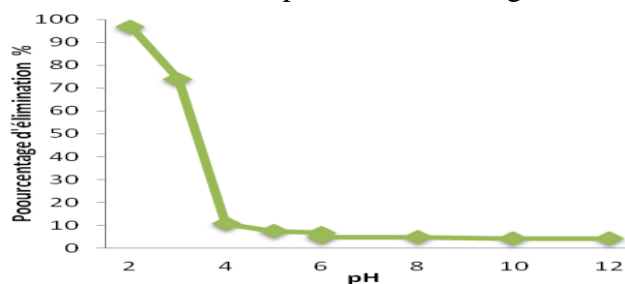


Fig. 4: Influence du pH sur l'élimination du colorant BC sur les coques d'arachide.

Les résultats présentés sur la figure montrent que l'adsorption du BC est favorisée dans un milieu acide. Cela peut être expliqué par la présence des sites chargés positivement sur l'adsorbant qui sont capables de fixer les fonctions basique de ce colorant. Le rendement maximal ($R=97\%$) est observé pour une valeur de pH optimal égale à 2,2. Par contre, dans les conditions de pH basiques, la surface de l'adsorbant est chargée négativement, ce qui engendre des répulsions électrostatiques entre les anions de BC et la surface des coques d'arachides [11-12].

III.4. Effet du temps de contact :

Afin d'étudier la cinétique d'adsorption du colorant bleu de cibacron sur les coques d'arachides, les expériences ont été menées dans les mêmes conditions opératoires. Des échantillons pour analyse ont été prélevés à des intervalles de temps réguliers en vue de déterminer les concentrations résiduelles du colorant par spectrophotométrie UV-Visible.

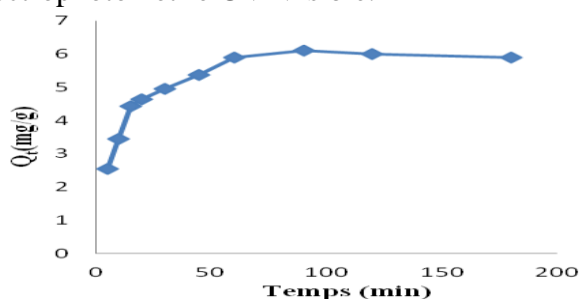


Fig 5: Cinétique l'élimination du colorant BC sur les coques d'arachide.

Le pourcentage d'élimination augmente rapidement au début de l'adsorption et atteint l'équilibre après 60 minutes de mise en contact et le taux d'élimination est de 97% comme il est indiqué sur la figure 5. La rapidité d'adsorption observée au début peut être expliquée par l'existence des sites de sorption disponible. Un palier a été observé à partir de 60 jusqu'à 180 minutes ou le temps de contact n'a pas d'effet sur la capacité d'adsorption et ceci est dû à

l'occupation de la majorité des sites par le colorant BC.

Afin de déterminer l'ordre cinétique de processus de l'adsorption du colorant BC, deux modèles sont testés: le modèle cinétique de pseudo-premier ordre et de pseudo-second ordre.

Le tableau IV.2 regroupe les différents paramètres cinétiques calculés à partir de ces deux courbes.

Tableau I: Paramètres cinétiques des modèles de pseudo-premier ordre et de pseudo second ordre.

Adsorbant	Pseudo premier ordre			Pseudo second ordre		
	K ₁ (min ⁻¹)	q _e (mg/g)	R ²	K ₂ (g/mg.min)	q _e (mg/g)	R ²
Coques d'arachide	0,0023	0,257	0,46	0,025	6,21	0,998

A partir du tableau I, nous remarquons que le modèle qui présente un facteur de corrélation le plus élevé est celui du modèle de pseudo-second ordre avec un facteur $R^2 = 0,998$. On observe aussi que la quantité adsorbée à l'équilibre, déterminée expérimentalement (6,07 mg/g) est plus proche de celle calculée (6,21 mg/g).

On peut en déduire donc que le modèle de pseudo-second ordre est celui qui décrit le mieux le processus d'adsorption du colorant sur le matériau.

IV.CONCLUSION

Les différents résultats obtenus montrent que le pourcentage d'élimination de ce colorant augmente avec l'augmentation de la masse de l'adsorbant, ceci peut être attribué à l'augmentation de la surface disponible et donc le nombre des sites actifs d'adsorption.

L'étude de l'effet du pH a permis d'observer une fixation maximale (97%) à pH=2.2 La cinétique d'adsorption a montré que le processus d'adsorption est très rapide et que l'équilibre pourrait être atteint dans les 60 premières minutes avec un rendement d'élimination de 97%. L'étude de la cinétique a révélé que le processus d'adsorption du bleu de cibacron suit le modèle de pseudo second ordre, ceci est clairement confirmé par la valeur de facteur de corrélation proche de

l'unité et que la quantité maximale d'adsorption calculée et expérimentale présente le même ordre de grandeur.

V. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

[1] M.Wu, Q.Guo, G. Fu. 2013. Preparation and characteristics of medicinal activated carbon powders by CO₂ activation of peanut shells. *Powder Technology*, 247, 188–196.

[2] Z.Y. Zhonga., Q.Yang, X.M.Li., K. Luo., Y.Liu., G.M.Zeng. 2012. Preparation of peanut hull-based activated carbon by microwave-induced phosphoric acid activation and its application in Remazol Brilliant Blue R adsorption, *Industrial Crops and Products*, 37, 178– 185.

[3] J.Liu, Z.Wang, H.Li, C.Hud, P.Raymerb, Q. Huang. 2018. Effect of solid state fermentation of peanut shell on its dye adsorption Performance, *Bioresource Technology*, 249, 307–314.

[4] N.Tahira, H.N.Bhattia, M. Iqbalb, S.Noreen. 2017. Biopolymers composites with peanut hull waste biomass and application for Crystal Violet adsorption, *International Journal of Biological Macromolecules*, 94, 210–220.

[5] W. Krowiak, R. Szafran, S. Modelski. 2011. Biosorption of heavy metals from aqueous solutions onto peanut shell as a low-cost biosorbent, *Desalination*, 265, 126–134.

[6] C-S Zhua, L-P.Wanga, W-B.Chena. 2009. Removal of Cu(II) from aqueous solution by agricultural by-product: Peanut hull, *Journal of Hazardous Materials*, 168, 739–746.

[7] Y. Han, X. Cao, X. Ouyang, P.S. Sohi , J. Chen. 2016. Adsorption kinetics of magnetic biochar derived from peanut hull on removal of Cr (VI) from aqueous solution: Effects of production conditions and particle size, *Chemosphere*, 145, 336-341.

[8] S-W. Liao, C-I. Lin, L-H.Wang.2011. Kinetic study on lead ion removal by adsorption onto peanut hull ash, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 42,166–172.

[9] X. Tao and L. Xiaoqin.2008. Peanut Shell Activated Carbon: characterization, surface modification and adsorption of Pb²⁺ from aqueous solution, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 16(3), 401-406.

[10] S. Altenor, B. Carene, E. Emmanuel, J. Lambert, J.J. Ehrhardt .2009. Adsorption studies of methylene blue and phenol onto vetiver roots activated carbon prepared by chemical activation,*J.Hazard.Mater*,165,1029-1039.

[11] I. Hussain, L .Yang, Q .Junwen, L. Jiansheng, L. Wang. 2018. Nitrogen-enriched carbon sheet for Methyl blue dye adsorption, *Journal of Environmental Management* 215,123-131.

[12] M .Aseel, N Aljeboree Abbas, F. Alshirifi, A.Alkaim. 2017. Kinetics and equilibrium study for the adsorption of textile dyes on coconut shell activated carbon, *Arabian Journal of Chemistry*, 10, 3381–3393.