

UTILISATION D'UN DECHET AGRICOLE ISSU DE PALMIER DATTIER « H'CHEF » COMME ADSORBANT POUR L'ELIMINATION DU ROUGE CONGO EN MILIEU AQUEUX

BENABDESSALAM S.¹, GUECHI E.K.² et OMER A. A.³

¹Univ Ouargla, Fac. des sciences appliquées, Lab. de génie de l'eau et de l'environnement en milieu saharien, Ouargla 30 000, Algeria

²Univ Badji Mokhtar-Annaba, Fac. des sciences appliquées, Lab. de génie de l'environnement, Annaba 23 000, Algeria

¹Univ Ouargla, Fac. des sciences appliquées, Lab. de génie de l'eau et de l'environnement en milieu saharien, Ouargla 30 000, Algeria

Résumé. Dans cette étude, les déchets de dattes «Hchef», déchets agricoles très abondants au sud algérien ont été évalués pour leurs capacités à éliminer le colorant Rouge Congo (RC) à partir d'une solution aqueuse. Les essais d'adsorption ont été réalisés à diverses concentrations initiales de colorant (7-20 mg/L), quantités de déchet (1-7g), pH de la solution (2,5-12) et température (30-70°C). Les résultats obtenus ont montré que la concentration de RC contenue dans la solution aqueuse diminuait avec le temps. Les quantités adsorbées de RC à l'équilibre par le déchet ont été vérifiées par rapport aux isothermes de Langmuir et Freundlich. Les résultats indiquent que l'équation de Langmuir fournit une bonne corrélation des données expérimentales. Les données expérimentales de l'étude cinétique d'adsorption à différentes concentrations initiales a montré que le modèle pseudo -deuxième- ordre est le plus adapté pour décrire l'adsorption du RC sur le Hchef.

Mots clés : Palmier dattier, Adsorption, Rouge Congo, Isothermes d'adsorption, Etude cinétique.

USE OF AN AGRICULTURAL WASTE FROM DATE PALM AS AN ADSORBENT FOR THE ELIMINATION OF CONGO RED IN AN AQUEOUS SOLUTION

Abstract. In this study, date waste, very abundant agricultural waste in southern Algeria, was evaluated for its ability to eliminate Congo Red (RC) dye from an aqueous solution. The adsorption tests were carried out at various initial concentrations of dye (7-20 mg / L), quantities of waste (1-7g), pH of the solution (2,5-12) and temperature (30-70 ° C) . The results obtained showed that the concentration of RC contained in the aqueous solution decreased with time. The quantities of RC adsorbed at equilibrium by the waste were verified by contribution to Langmuir and Freundlich isotherms. The results indicate that the Langmuir equation provides a good correlation of the experimental data. The experimental data from the kinetic biosorption study at different initial concentrations showed that the pseudo-second-order model is the most suitable for describing the adsorption of RC on the date waste.

Key words: Date Palm, Adsorption, Congo Red, Adsorption isotherms, Kinetic study

Introduction

Les colorants sont largement utilisés dans plusieurs industries modernes telles que les imprimeries, les industries alimentaires et cosmétiques, l'industrie du textile, du papier, du cuir et du plastique [1] en raison de leur stabilité chimique et de la facilité de leur synthèse ainsi que de leur variété de couleurs [2]. Cependant, ces colorants réfractaires résistants à la biodégradation microbienne sont à l'origine d'une certaine pollution lorsqu'ils sont évacués dans le milieu récepteur aquatique [3]. Actuellement, l'adsorption est connue comme un procédé de traitement des eaux usées très rentable, facile et rapide par rapport à d'autres procédés [4]. Différents travaux ont étudié l'utilisation de divers adsorbants à faible coût comme les graines du palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) [5], kaolinite et montmorillonite naturelles et traitées à l'acide [6], *Aspergillus carbonarius* M333 et *Penicillium glabrum* Pg1 [7] pour l'élimination du Rouge Congo en milieu aqueux.

Dans cette étude, Hchef (les dattes déshydratées non consommables par l'être humain) est choisi comme un adsorbant naturel, très abondant et à faible coût pour l'élimination du Rouge Congo contenu dans l'eau. Les effets de la concentration initiale du colorant, de quantité de déchet, de pH et de température ont été recherchés. Les quantités adsorbées de RC à l'équilibre par le déchet ont été vérifiées par rapport aux isothermes de Langmuir et Freundlich. La cinétique d'adsorption a été évaluée en

utilisant les modèles de pseudo-premier ordre et de pseudo-deuxième ordre.

1 Matériels et Méthodes

1.1. Adsorbant (Hchef) et adsorbant (Rouge Congo)

Le Hchef utilisé comme adsorbant est collecté au niveau d'une palmeraie de Rouissat- Ouargla (sud-est algérien). Après la collecte, les déchets sont lavés abondamment à l'eau distillée plusieurs fois jusqu'ils deviennent propres. Les déchets nettoyés sont séchés puis coupés en petits morceaux et conservés à l'abri de l'humidité jusqu'à leur utilisation.

Le colorant d'étude et le rouge Congo (RC) de Merck, un colorant anionique (acide) de formule chimique brute $C_{32}H_{22}N_6O_6S_2Na_2$.

1.2. - Mode opératoire

Les essais d'adsorption ont été réalisés en mode batch, à diverses concentrations initiales de colorant (7-20 mg/L), quantités de déchet (1-7g), pH de la solution (2,5-12) et température (30-70°C). Le volume de la solution est égal à 80ml, la vitesse d'agitation est de 80tr/min. Les concentrations résiduelles de colorant mesurées à temps t sont déduites à partir de l'équation linéaire :

$$Y = 54,452X + 0,0039 \quad (1)$$

Avec **Y** : l'absorbance et **X** : la concentration résiduelle de RC à l'instant.

2 - Résultats

2.1. Influence des paramètres opératoires sur l'adsorption

L'influence de certains paramètres sur le processus d'adsorption a été étudiée : la masse de Hchef, l'effet de pH, l'effet de concentration, l'effet de température et ensuite l'étude cinétique et la détermination des isothermes d'adsorption ont été réalisées

2.1.1. Effet de la concentration initiale de RC et la quantité de l'adsorbant (Hchef)

L'effet de la concentration de colorant et la masse de déchet sur l'adsorption de RC par Hchef à 30 ° C est montré sur la figure 1.

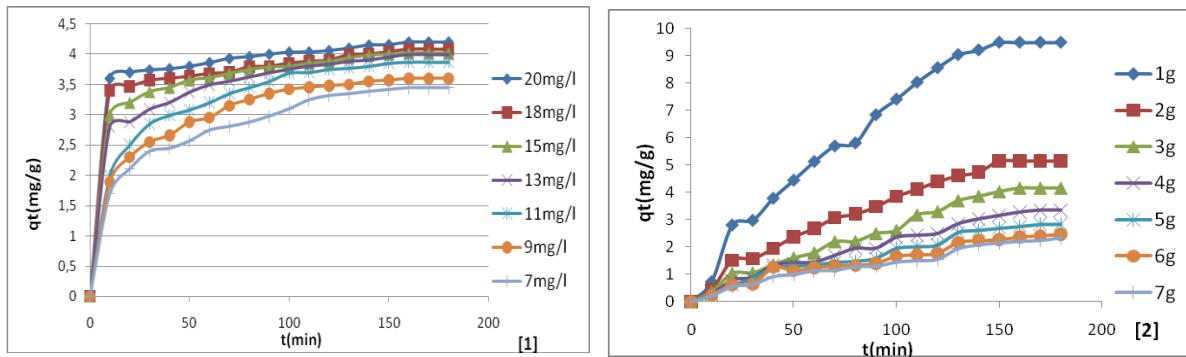


Figure 1 - Effet (1) de la concentration initiale de RC et (2) de la quantité de Hchef sur l'adsorption.

(vitesse d'agitation:80 tr/min)

2.2.2 . Effet de la température et le pH

L'effet de la variation de la température et le pH de la solution sur l'adsorption a été

étudié. Les résultats sont illustrés sur les figures suivantes.

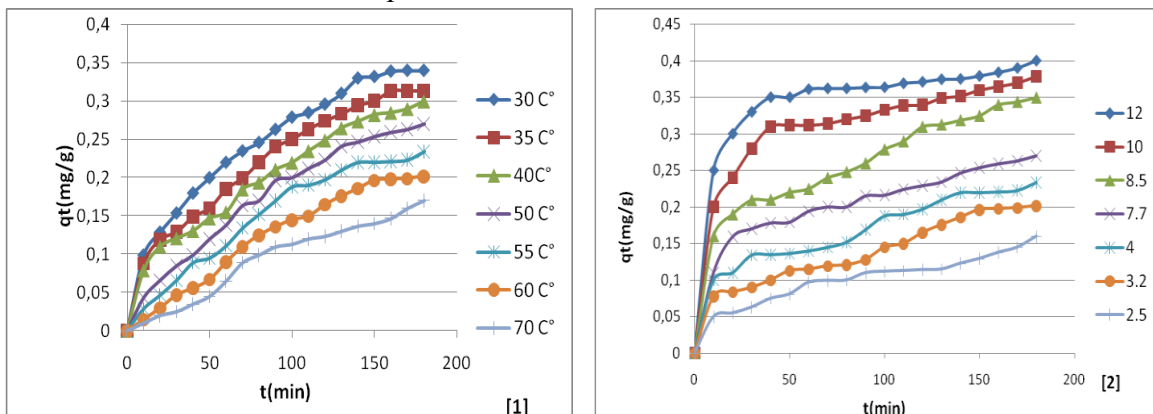


Figure 2 - Effet (1) de la température et de (2) pH du milieu sur l'adsorption du colorant (vitesse d'agitation:80 tr/min, concentration initiale de RC=20mg/l, quantité de Hchef =1g)

3.2. Equilibres d’adsorption

On peut caractériser l’adsorption du colorant Rouge Congo sur le déchet ‘Hchef’ en

utilisant les modèles d’isothermes classiques comme Langmuir [8] et Freundlich [9].

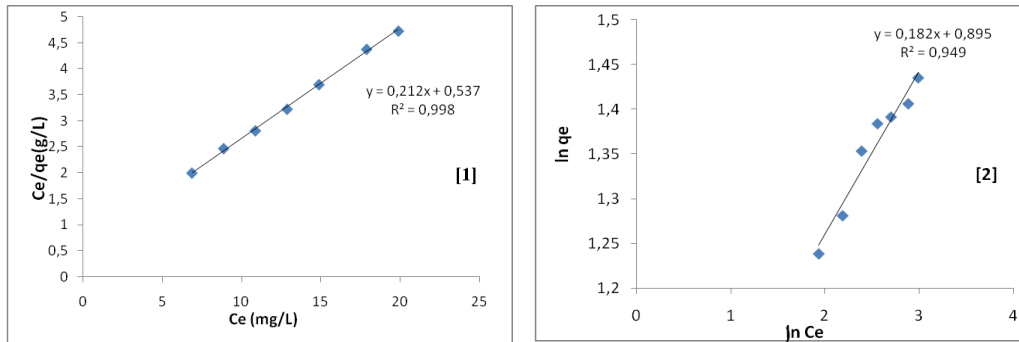


Figure 3 - Modélisation des résultats expérimentaux par le modèle de Langmuir (1) et le modèle de Freundlich (2)

Les valeurs des paramètres des modèles de Langmuir et de Freundlich sont calculées à partir de la pente et l’origine des droites

linéaires pour chaque isotherme et sont regroupées dans le tableau 1

Tableau 1 - Valeurs des constantes de Langmuir et Freundlich

Paramètres d’isotherme de Langmuir			Paramètres d’isotherme de Freundlich		
Q _m (mg/g)	K _L	R ²	K _f	n	R ²
4,7393	2,4728	0,998	2,4473	5,4473	0,949

2.3. Cinétique d’adsorption

3.3.1. Cinétique du pseudo premier ordre et de pseudo-deuxième ordre

A partir de l’équation de Lagergren et de Blanchar [10] qui représentent la cinétique de pseudo-premier-ordre et de pseudo-deuxième ordre et leurs formes linéaires, on

peut calculer la constante de vitesse K1 et K2 en traçant respectivement ln(qe-qt) [qe : quantité de RC adsorbée à l’équilibre et qt : la quantité de RC adsorbée à l’instant t] en fonction de temps t, et t/qe en fonction de t pour différentes concentrations initiales, les résultats sont représentés sur la figure 4 et tableau 2

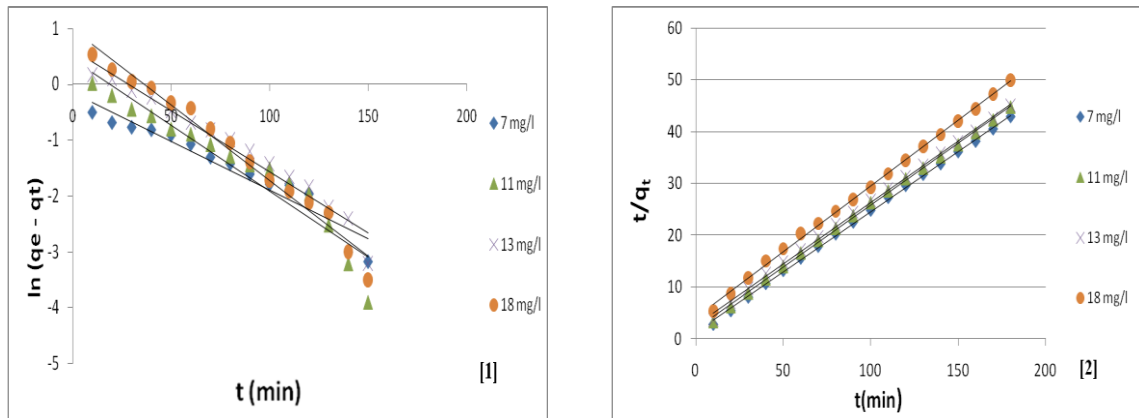


Figure 4 - Cinétique d’adsorption du RC selon le modèle (1) de pseudo- premier- ordre et le modèle de (2) pseudo-deuxième-ordre

Tableau 2 - Valeurs des constantes de modèle cinétique de premier ordre et de deuxième ordre.

Pseudo-premier-ordre			Pseudo-deuxième-ordre		
C ₀ (mg /l)	R ²	K ₁ (mg.g ⁻¹ .min ⁻¹)	C ₀ (mg/l)	R ²	K ₂ (mg.g ⁻¹ .min ⁻¹)
7	0,931	0,017	7	0,999	0,121
15	0,946	0,027	15	0,998	0,187
20	0,925	0,026	20	0,995	0,147

3 Discussion et interprétation

4.1. Effet de la concentration initiale en colorant et la masse de déchet

On peut observer (Fig.1-1) que l'augmentation de la concentration initiale en adsorbat, entraîne une augmentation appréciable de sa quantité adsorbée. L'adsorption est plus rapide à son début qu'à sa fin. Cela est expliqué par la disponibilité des sites actifs au début de l'adsorption qui sont au fur à mesure occupés par les molécules du colorant. La capacité d'adsorption augmente avec le

temps, à un certain moment devient constante où aucun colorant n'est éliminé de la solution. A ce stade, la quantité de RC adsorbée est dans un état d'équilibre dynamique.

D'après la figure (Fig.1-2), on remarque que l'augmentation de la masse de Hchef de 1g à 7g fait passer la quantité adsorbée de 9,49mg/g à 2,34mg/l. Cette diminution indique que la capacité d'adsorption varie inversement avec l'augmentation de la masse de l'adsorbant, cela est dû à l'encombrement causé par la présence en excès de la masse de ce dernier.

4.2. Effet de la température et le pH

On remarque (Fig.2-1) que l'augmentation de la température (30 C° à 70 C°) fait diminuer la quantité adsorbée de 0,34mg/g à 0,17mg/g, on peut dire que le facteur température est défavorable pour l'adsorption de RC sur Hchef. Cette diminution signifie que l'adsorption est un phénomène exothermique.

D'après la figure 2-2, on remarque que la quantité adsorbée en milieu basique (pH=8,5 ; pH=10 et pH =12) est plus élevée que celle en milieu acide (pH=4 ; pH=3,2 et pH=2,5) parce que l'ajout d'acide sulfurique entraîne la diminution de pH donc une augmentation de la concentration des ions H⁺ qui entrent en compétition avec le RC sur les sites actifs. La quantité adsorbée après trois heures est 0,4mg/g et 0,16mg/g respectivement à pH=12 et à pH= 2,5.

4.3. Isothermes d'adsorption

On remarque (Fig. 3-1) que la valeur du coefficient R² est égale à 0,998 pour le modèle de Langmuir et égale à 0.949 pour le modèle de Freundlich, ce qui veut dire que l'adsorption de RC sur le Hchef vérifie l'hypothèse de Langmuir (R² pour le modèle de Langmuir est supérieure à celle pour le modèle de Freundlich) [11].

Les résultats sont en concordance avec les travaux de Pathania et al., (2016) [5], Zhou et al., (2018) [12] qui ont trouvé que l'isotherme de Langmuir fournit de bonnes corrélations pour l'adsorption du Rouge Congo respectivement sur les grains de *phoenix dactylifera* et la carapace de crevettes.

4.4. Cinétique d'adsorption

D'après les résultats présentés dans le tableau 2, on remarque que les coefficients de corrélation sont faibles (R²:0,904 - 0,978) et présentent une mauvaise linéarité. Ce résultat signifie que l'adsorption de RC sur le Hchef n'obéit pas au modèle cinétique du pseudo premier ordre.

Cependant, les valeurs des coefficients de corrélation, les droites qt=f(t) présentent une bonne linéarité (R²: 0,995-0,999). Ces résultats expérimentaux suggèrent que le modèle pseudo second ordre est le plus adapté pour décrire l'adsorption du RC sur le Hchef.

Le même résultat a été publié dans les travaux ultérieurs de Pathania et al., (2016) [5], Zhou et al., (2018) [12] qui ont trouvé que le processus d'adsorption du Rouge Congo respectivement sur les grains de *phoenix dactylifera* et carapace de crevettes est décrit correctement par le modèle de pseudo-deuxième ordre.

4 Conclusion

Cette étude a permis d'évaluer le potentiel adsorbant de Hchef vis-à-vis du colorant Rouge Congo. La meilleure concentration initiale du colorant (C0), quantité de déchet (Q déchet), température (T) et pH qui donnent les meilleurs rendements d'adsorption sont respectivement C0=20mg/l, Q déchet=1g, T=30°C et pH= 12. Cette adsorption est représentée par le modèle de Langmuir et obéit au modèle cinétique de pseudo-deuxième-ordre.

Références bibliographiques

- [1] Shaban, M. . Abukhadra, M.R. Ibrahim, S.S. Shahien, M.G.: Photocatalytic degradation and photo-Fenton oxidation of Congo red dye pollutants in water using natural chromite—response surface optimization. *Appl Water Sci* 7, 4743–4756 (2017).
- [2] BenMansour, H. Boughzala, O. Dridi, D. Barillier, D. Chekir Ghdira, L. Mosrati, M. . : les colorants textiles sources de contamination de l'eau: criblage de la toxicité et des méthodes de traitement. *Revue des sciences de l'eau* 24(3), 209-238(2011).
- [3] Zeghoud, L. Gouamid, M. BenMya, O. Rebiai, A. Saidi, M.: Adsorption of Methylene Blue Dye from Aqueous Solutions Using Two Different Parts of Palm Tree: Palm Frond Base and Palm Leaflets. *Water Air Soil Pollut* 8(230), 1-9 (2019).
- [4] Lakshmipathy, R. Sarada, N.C. : Methylene blue adsorption onto native watermelon rind: batch and fixed bed column studies. *Desalination and Water Treatment* 57(23), 1-14(2015).
- [5] Pathania, D. Sharma, A. Siddiqi, Z.M. : Rempval of Congo Red dye from aqueous system using phoenix dactylifera seeds. *Journal of molecular liquids* 219, 359-367 (2016).
- [6] Bhattacharyya, K.G. Gupta, S.S. Kumar G. : Kinetics, equilibrium isotherms and thermodynamics of adsorption of Congo red onto natural and acid-treated kaolinite and montmorillonite, *Desalination and Water Treatment*, 1-13(2013).
- [7] Bouras, H.D. Yeddou, A.R. Bouras, N. Hellel, D. Holtz, M.D. Sabaou, N. Chergui, A. Nadjemi, B. : Biosorption of Congo red dye by *Aspergillus carbonarius* M333 and *Penicillium glabrum* Pg1: Kinetics, equilibrium and thermodynamic studies. *Journal of the taiwan Institute of chemical Engineers* 000, 1-9(2017).
- [8] Langmuir, I. : The adsorption of gases on plane surfaces of glass, mica and platinum. *J. Am. Chem. Soc* 40, 1361–1403(1918).
- [9] Freundlich, H.M.F. : Ober dies adsorption in Losungen [About adsorption in solutions], *Z. Phys. Chem* 57 385–470 (1906).
- [10] Gusmão, K. A. G. Gurgel, L. V. A. Melo, T. M. S. Gil, L. F. : Application of succinylated sugarcane bagasse as adsorbent to remove methylene blue and gentian violet from aqueous solutions—kinetic and equilibrium studies. *Dyes and Pigments* 92(3), 967–974(2012).
- [11] Guechi, E.K. Benabdesselam, S. : Removal of cadmium and copper from aqueous media by biosorption on cattail (*Typha angustifolia*) leaves : Kinetic and isotherm studies. *Desalination and water treatment* 173, 367-382 (2020).
- [12] Zhou, Y. Ge, L. Fan, N. : Adsorption of Congo red from aqueous solution onto shrimp shell powder. *Adsorption science and technology* 36 (5-6), 1310-1330 (2018)