



International Journal of Natural Resources and Environment

Journal home page: <https://ijnre.univ-adrar.dz>

ISSN 2710-8724



I
J
N
R
E

Etude de la dépollution des eaux usées par un biosorbant naturelle

Abdelaziz Arroussi^{1*}, Mostafa. Rahmouni¹, Mustapha Khenfoussi², Cherifa Boulghiti²

¹Laboratoire Ressources Naturelles Sahariennes, Faculté des Sciences et de la Technologie, Université Ahmed Draia – Adrar 01000, Algérie.

²Departement des sciences de la matière, Faculté des Sciences et de la Technologie, Université d'Adrar, Algérie.

* Corresponding author: azizchimie01@gmail.com (A. Arroussi)

Article details: Received: 07 Mars 2021, Revised: 15 April 2021, Accepted: 27 May 2021

Résumé:

Dans ce travail, nous étudions l'élimination d'un colorant organique, par adsorption sur les déchets de thé. Dans un premier temps, nous avons étudié l'influence de divers paramètres liés, au milieu réactionnel, au colorant et à l'adsorbant sur la cinétique d'adsorption. Ensuite nous avons adopté les paramètres optimaux pour éliminer le colorant du rouge télon lumière.

Les isothermes d'adsorption des systèmes adsorbant/adsorbât étudiés sont décrites de manière satisfaisante par le modèle mathématique de Langmuir. L'étude de température a révélé que l'adsorption est spontanée et exothermique. Les résultats de ce travail montrent que le support les déchets de thé est un adsorbant efficace dans l'élimination du colorant avec une quantité adsorbée égale à 180 mg/g.

Mots clés : Pollution ; Eaux usées ; Adsorption ; Déchets de thé ; Colorants textiles.

Abstract:

In this work, the removal of an organic dye was investigated, by adsorption on tea waste. First, we studied the influence of various parameters related to the reaction medium, the dye and the adsorbent on the adsorption kinetics. Then we adopted the optimal parameters to remove the dye red telon light.

The adsorption isotherms of the studied adsorbent/adsorbate systems are satisfactorily described by the Langmuir isotherm model. The effect of temperature revealed that the adsorption is spontaneous and exothermic. The results of this work show that the tea waste carrier is an effective adsorbent in the removal of the dye with an adsorbed amount of 180 mg/g.

Keywords: Pollution; Wastewater; Adsorption; Tea waste; Textile dyes.

1. Introduction

L'industrie textile se caractérise par l'utilisation de grandes quantités d'eau et de composés chimiques au cours des processus : en particulier lors de la teinture des tissus, dans lesquels un grand volume d'eaux usées est généré avec un nombre important de polluants avec des acides, des bases, des solides dissous, des composés toxiques et des résidus de colorants qui ne se lient pas aux fibres. Les effluents produits posent un problème environnemental en raison de la contamination qui en résulte, en particulier des colorants rejetés et réduisant la pénétration de la lumière solaire, affectant les processus de photosynthèse et générant une perte de diversité biologique. Un exemple du colorant azoïque [1,2].

La protection de l'environnement, préoccupation majeure de notre société, encourage donc le développement de procédés pour l'amélioration des méthodes de dépollution respectueuses de l'environnement. Ainsi, la nécessité de comprendre les mécanismes intervenant dans ces processus a conduit à de nombreux travaux de recherches tant au niveau fondamental qu'appliqué. Des procédés complémentaires de traitement (oxydation avancée, filtration membranaire, adsorption, etc.) sont donc actuellement développés pour le traitement des eaux usées du fait de l'inefficacité des traitements classiques pour certains micropolluants comme les colorants. [3] Le procédé d'adsorption est l'une des méthodes qui ont montré une grande efficacité pour l'élimination des contaminations de nature différente notamment les polluants organiques (pesticides, composés phénoliques, colorants...). [4]

L'objectif principal de notre travail est de valoriser un déchet organique, en l'occurrence, un déchet de thé après un lavage avec l'eau distillée. Notre matériau a été testé dans des essais d'élimination d'un colorant anionique rouge télon lumière en solution aqueuse et les résultats obtenus lors de cette étude ont permis d'établir la performance de ce support adsorbant.

2. Material and Methods

2.1. Colorant étudié

Le sel acide 2-naphthalene sulfonique,-6-amino 4-hydroxy -5-((2-phényl sulfonyl) phényl) azo de sodium appelé usuellement le rouge télon lumière qui est un le colorant à éliminer ; c'est un colorant acide sous forme solide appartenant à la catégorie des colorants solubles dans l'eau et destiné à la teinture des textiles, de formule moléculaire $C_{22}H_{16}N_3NaO_6S_2$, de masse moléculaire 505,4 g/l et de solubilité dans l'eau : 20,00 g/l à 20 °C.

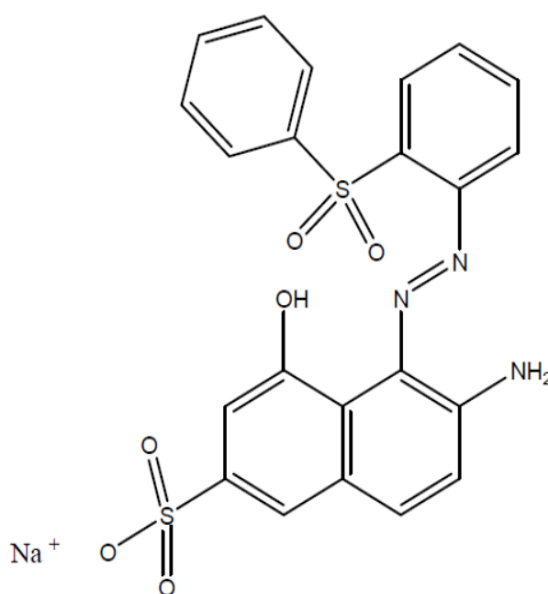


Fig. 1. Formule développée du rouge télon lumière.

2.2. Préparation de l'adsorbant (déchets de thé)

Les déchets de thé utilisés dans l'enquête actuelle comme adsorbant ont été recueillis auprès des ménages. La poussière de thé mis au rebut après utilisation est appelée déchets de thé. Les matériaux collectés ont ensuite été lavés avec Eau du robinet et de l'eau distillée plusieurs fois pour enlever toutes les particules de saleté. Il a ensuite été bouilli avec de l'eau distillée pour éliminer la caféine, tanin et d'autres colorants et lavé avec de l'eau distillée jusqu'à ce que l'eau de lavage ne contienne pas de couleur. Les matériaux lavés sont ensuite séchés à 85 °C pendant 16 h. Les matériaux secs ont ensuite été broyés et tamisés (en utilisant un écran avec un maillage de taille (1mm)). et stockés dans des bouteilles. [5]

2.3. Etude de l'adsorption

Les expériences d'adsorption ont été réalisées en mode discontinu en mélangeant 50 ml d'une solution de RTL de concentration connue avec une masse de 200 mg de biosorbant sèche. L'effet de la dose d'adsorbant (5-200 mg), la concentration initiale en RTL (10-120 mg/L), le temps de contact (5-160 min) et la température (10-70 °C) sur l'adsorption du RTL a été étudié sous une agitation de 300 tr/min. Après adsorption, le biosorbant a été séparé par centrifugation. Les solutions ont été centrifugées à 3000 tr/min pendant 15 min à l'aide d'une centrifugeuse (SIGMA 2-16P, Allemagne). La partie surnageante a été analysée en utilisant un spectrophotomètre UV-Visible (Cary 60, Malaysia) à une longueur d'onde de 499 nm.

La capacité d'adsorption du RTL à l'équilibre Q_e (mg/g) a été calculée à partir de la relation suivante :

$$Q_e = (C_0 - C_e) \frac{V}{m} \quad (01)$$

Où :

C_0 : la concentration initiale du colorant (mg/L) ; C_e : la concentration du colorant après l'adsorption (mg/L) ; V : le volume de la solution (L) ; m : la masse de l'adsorbant utilisé (g).

3. Résultats et Discussions

3.1. Détermination des conditions optimales d'adsorption

3.1.1. Effet du temps de contact

L'objectif principal est déterminer le temps de contact nécessaire à l'établissement de l'équilibre chimique de fixation de colorant sur Les déchets de thé.

La variation en fonction du temps de contact de la quantité du RTL adsorbée à l'équilibre a été représenté dans la Figure .2, on observe une augmentation rapide de la quantité adsorbée du colorant dans les premiers minutes jusqu'à atteindre un état d'équilibre, le temps nécessaire pour atteindre ce dernier est d'environ 50 minutes et la quantité du colorant adsorbée par les déchets de thé est d'environ 5.61 mg/g, celle-ci va rester constante après 50 min. Ce phénomène peut être expliqué en premier lieu par l'existence des sites d'adsorption facilement accessible suivie d'une diffusion vers des sites d'adsorption moins accessibles avant d'atteindre un état d'équilibre, la surface spécifique de biosorbant étant saturée [6].

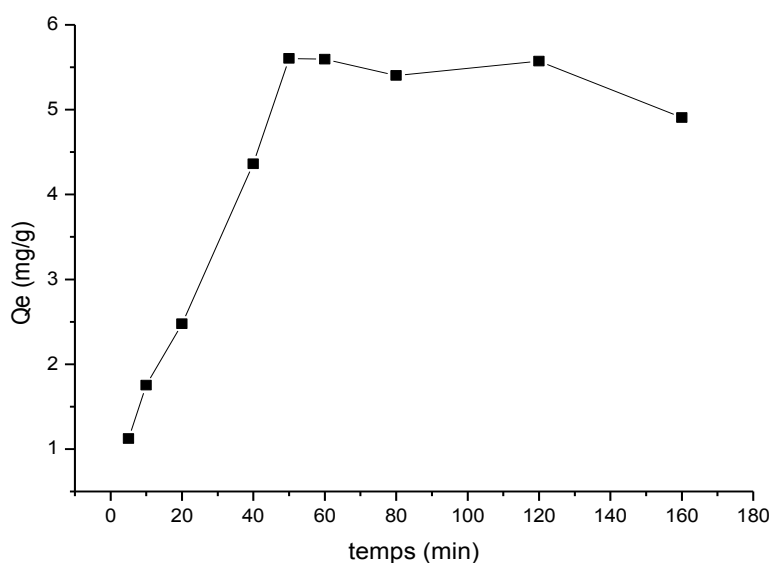


Fig.2. Effet du temps de contact sur l'adsorption du RTL.

3.1.2. Effet de la concentration initiale en colorant

La concentration est un paramètre très important dans le phénomène d'adsorption, pour cela nous avons réalisé une série d'expérience pour différentes concentrations. La figure 3 montre l'effet de la concentration initiale du colorant du RTL sur la biosorption.

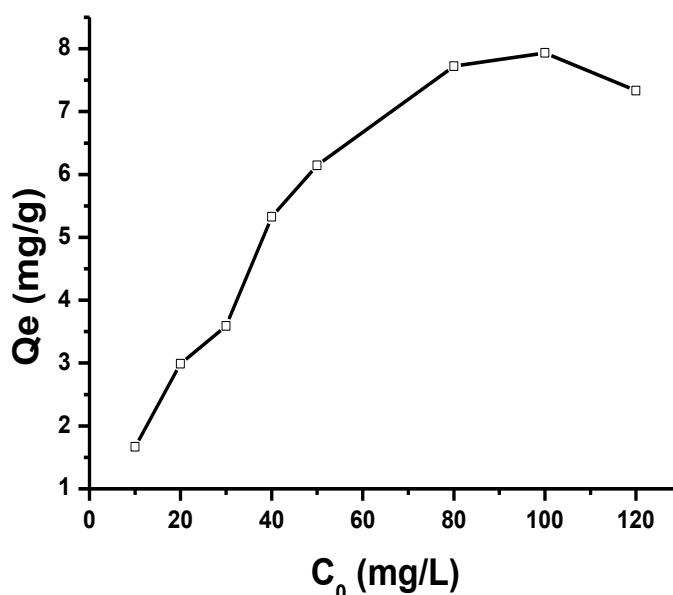


Fig.3. Effet de la concentration initiale du colorant sur l'adsorption du RTL

Les résultats montrent que la capacité d'adsorption du biosorbant augmente avec l'augmentation de la concentration initiale du colorant. Au-delà d'une concentration de 80 mg/l, on observe un palier dû à la saturation des sites actifs d'adsorbant en présence d'une teneur élevée en colorant [7].

3.1.3. Effet du pH

Le pH de la solution est l'un des paramètres les plus importants affectant la performance de l'adsorbant dans l'élimination des colorants des eaux usées.

Avant d'étudier l'effet du pH de la solution, il est nécessaire de déterminer le point de charge nulle de biosorbant utilisé (déchet de thé)

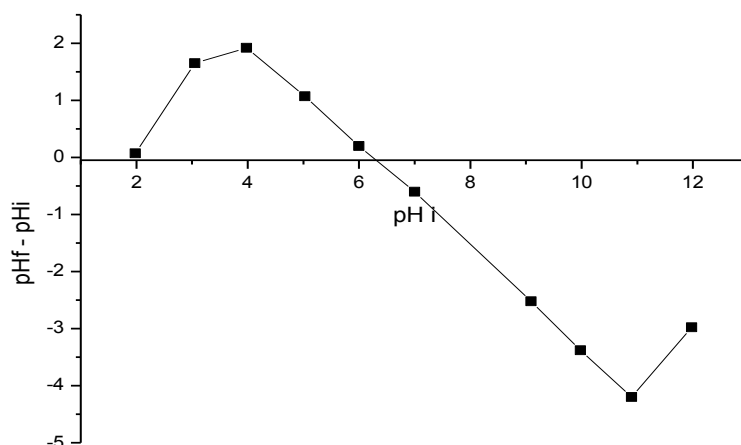


Fig.4. Courbe de point de charge nulle de déchet de thé.

La Figure 4 montre que le point de charge nulle du déchet de thé est égal à 6,2. A $\text{pH} < 6,2$ la charge de surface du déchet de thé est globalement positive et à $\text{pH} > 6,2$, la charge de surface est négative.

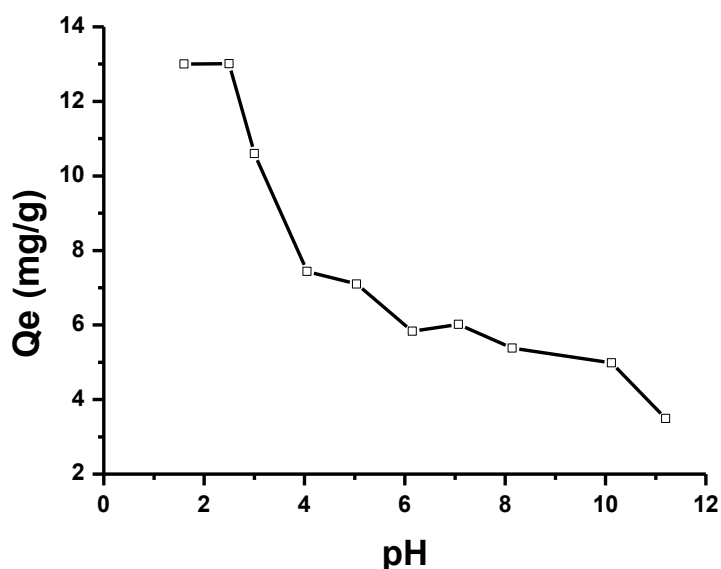


Fig.5. Effet du pH sur l'adsorption du rouge télon lumière.

La figure 5 représente l'effet du pH sur la quantité du colorant adsorbée, elle montre qu'il y a une forte adsorption à pH très acide, et une diminution de la quantité d'adsorption avec l'augmentation du pH. Cela peut être expliqué par la présence des sites chargés positivement sur l'adsorbant qui sont capables de fixer les fonctions anioniques du colorant. La quantité du colorant adsorbée maximale ($Q=13 \text{ mg/g}$) est observée pour une valeur de pH optimal égale à 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 RTL et la surface des déchets de thé [8].

3.1.4. Effet de la quantité d'adsorbant

Le but est d'optimiser la quantité de biosorbant utilisée, pour aboutir à une adsorption maximale du colorant.

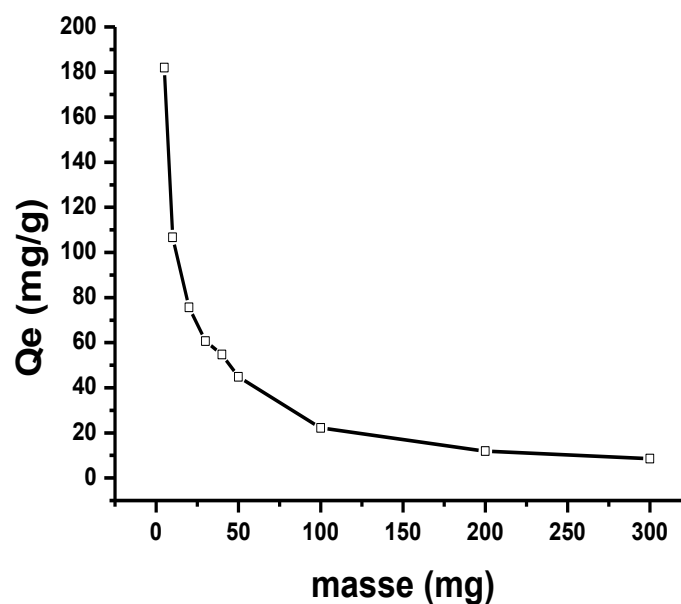


Fig.6. Effet de la masse de biosorbant sur l'adsorption du RTL.

La figure 6 représente l'évolution de la quantité du RTL adsorbée à l'équilibre en fonction de la masse de déchets de thé, on remarque qu'il y a une diminution de la quantité d'adsorption du colorant avec l'augmentation de la masse d'adsorbant. La quantité adsorbée du rouge télon lumière est maximale et de 181.9 mg/g lorsque la quantité d'adsorbant est de 5 mg. La quantité adsorbée est minimale lorsque l'adsorbant est de 300 mg est égale à 8.5 mg/g. Ce comportement peut être expliqué par :

- Tant que la quantité d'adsorbant ajoutée à la solution de colorant est faible, les molécules du colorant peuvent accéder facilement aux sites d'adsorption. L'ajout d'adsorbant permet d'augmenter le nombre de sites d'adsorption mais les anions du colorant ont plus de difficultés à approcher ces sites à cause de l'encombrement ;
- Une grande quantité d'adsorbant peut créer des agglomérations de particules, d'où une réduction de la surface totale d'adsorption et, par conséquent, une diminution de la quantité d'adsorbant par unité de masse d'adsorbant [9].

3.1.5. Effet de la température

La température joue un rôle nécessaire dans le processus de l'adsorption comme le montre la figure 7. Les résultats présentés dans cette figure montrent que l'augmentation de la température initiale de la phase aqueuse contenant le colorant est accompagnée par une diminution du rendement ceci s'explique par le fait que le processus d'adsorption est généralement exothermique et donc favorisé plutôt par une diminution de température. Le calcul des fonctions thermodynamiques par la suite nous permettra de confirmer cette déduction [10].

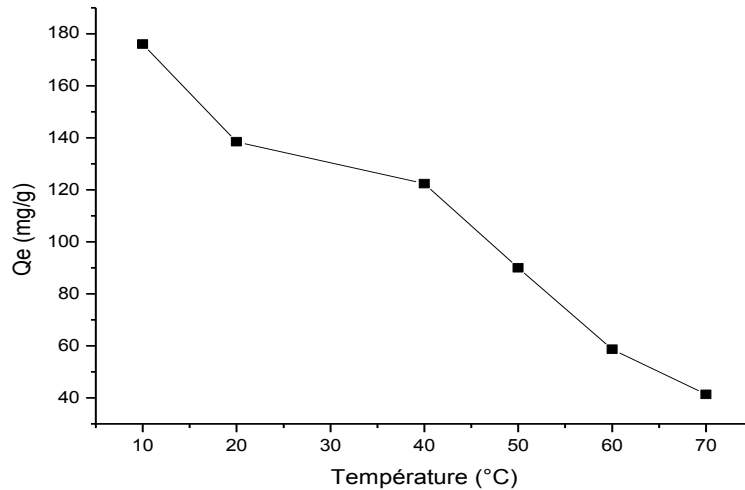


Fig.7. Effet de la température sur l'adsorption du RTL.

3.1.6. Détermination des paramètres thermodynamiques

Les paramètres thermodynamiques, tels que la variation de l'enthalpie standard ΔH° (J/mole) la variation de l'entropie standard ΔS° (J/K/mole) et la variation d'énergie libre de Gibbs ΔG° (J/mole) sont calculés afin de déterminer la nature d'adsorption du RTL sur déchets de Thé en utilisant les équations suivantes :

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K_d \quad (02)$$

$$\Delta G^\circ = \Delta H^\circ - T\Delta S^\circ \quad (03)$$

$$\ln K_d = \frac{\Delta S^\circ}{R} - \frac{\Delta H^\circ}{RT} \quad (04)$$

$$K_d = \frac{C_{ads}}{C_e} \quad (05)$$

Où :

K_d : Constante de distribution ; C_{ads} : la masse en mg du colorant adsorbée par litre de solution à l'équilibre, $C_{ads} = C_0 - C_e$; C_e : Concentration à l'équilibre du soluté en solution (mg/L), R : Constante des gaz parfaits (J/mol/K) et T : Température absolue (K).

ΔG° : Représente l'énergie libre de Gibbs. Une valeur négative de ΔG° signifie que la réaction est thermodynamiquement possible.

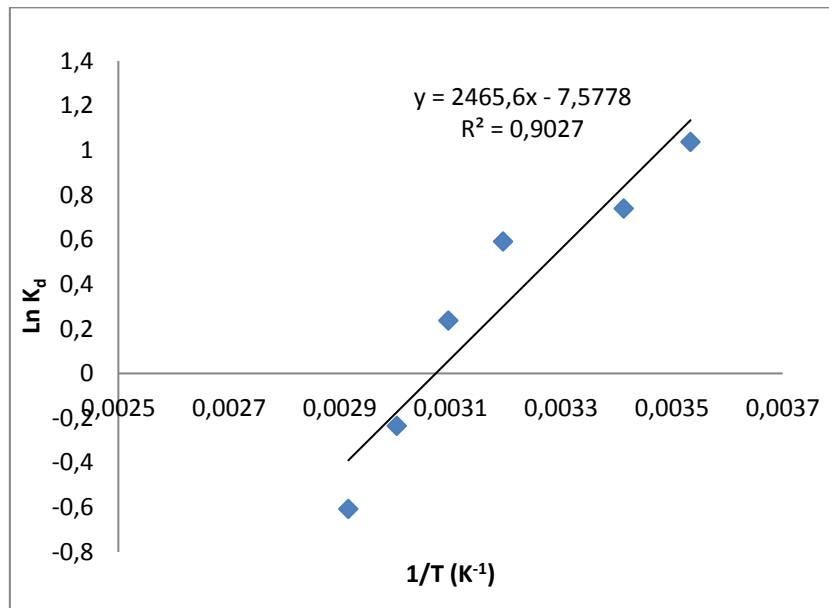


Fig.8. Variation de $\ln K_d$ en fonction de $1/T$ (K^{-1}).

Tableau 1. Paramètres thermodynamiques de l'adsorption du RTL sur le biosorbant.

Température (K)	Paramètres thermodynamiques		
	ΔG^0 (KJ.mol ⁻¹)	ΔH^0 (Kj.mol ⁻¹)	ΔS^0 (J.mol ⁻¹ .K ⁻¹)
283	-2,665		
293	-2,035		
313	-0,775	-20,494	-63
323	-0,145		
333	0,485		

La valeur négative de l'enthalpie libre indique que le processus d'adsorption est spontané, la valeur négative de l'enthalpie ΔH montre que le processus est exothermique.

L'ordre de grandeur de la valeur de l'enthalpie de la réaction qui est égale à $-20,494$ KJ/mol indique dans ce cas il s'agit d'une adsorption physique [11].

3.2. Modélisation de l'isotherme d'adsorption

3.2.1. Modèle de Langmuir

C'est le modèle le plus utilisé pour commenter les résultats trouvés au cours de l'adsorption des composés organiques en solution aqueuse. Nous résumons ci-dessous ses principales caractéristiques. A une température constante, la quantité adsorbée q_e est liée à la capacité maximale d'adsorption q_m , à la concentration à l'équilibre C_e du soluté et à la constante d'affinité b par l'équation :

$$q_e = \frac{q_m b C_e}{1 + b C_e} \quad (06)$$

La transformée linéaire de ce modèle a pour équation [12]:

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{b q_m} + \frac{C_e}{q_m} \quad (07)$$

En portant C_e/q_e en fonction de C_e on obtient une droite de pente $1/q_m$, et d'ordonnée à l'origine $1/b \cdot q_m$, cela permet la détermination des deux paramètres d'équilibre de l'équation q_m et b . La modélisation d'isotherme d'adsorption du RTL par le modèle de Langmuir est représentée sur la figure 8 :

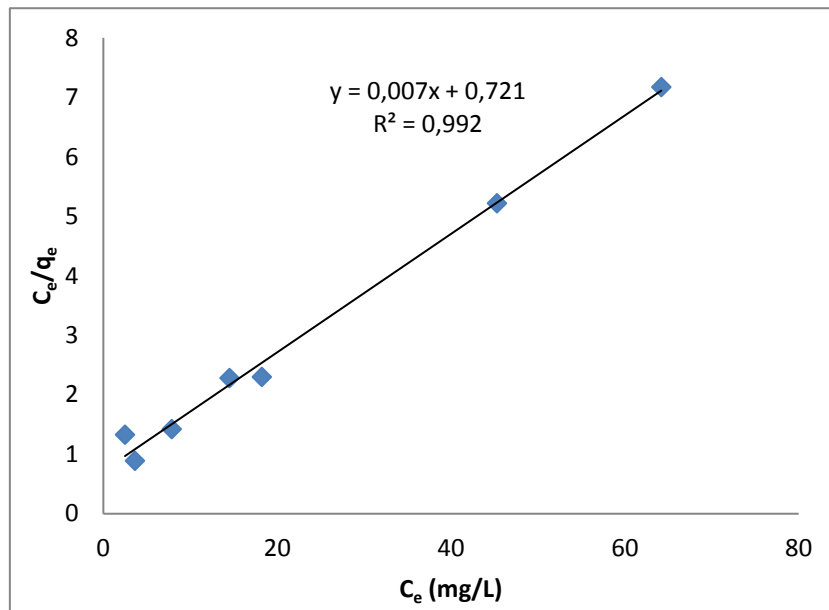


Fig.9. Essai de modélisation d'isotherme d'adsorption du RTL par déchets de thé, selon le modèle de Langmuir.

3.2.2. Modèle de Freundlich

Le modèle de Freundlich [13], est basé sur une équation empirique qui traduit une variation des énergies avec la quantité adsorbée. Cette distribution des énergies d'interaction s'explique par une hétérogénéité des sites d'adsorption. Contrairement au modèle de Langmuir, l'équation de Freundlich ne prévoit pas de limite supérieure à l'adsorption ce qui restreint son application aux milieux dilués. Elle est de la forme suivante :

$$q_e = K_F C_e^n \quad (08)$$

Avec :

q_e : Quantité d'adsorbat adsorbée par l'adsorbant à l'équilibre.

C_e : Concentration de l'adsorbat dans la solution à l'équilibre.

K_F et n : constantes de Freundlich caractéristiques de l'efficacité d'un adsorbant donné vis-à-vis d'un soluté donné.

Cette équation peut être linéarisée de la façon suivante :

$$\ln q_e = \ln K_F + n \ln C_e \quad (09)$$

Si cette équation est vérifiée avec les données d'équilibre d'adsorption, nous devons obtenir une droite dans le système de coordonnées $\ln q_e = F(\ln C_e)$, la pente et l'ordonnée à l'origine donnent respectivement n et $\ln K_F$. La modélisation d'isotherme d'adsorption du RTL par le modèle de Freundlich est représentée sur la figure 10 :

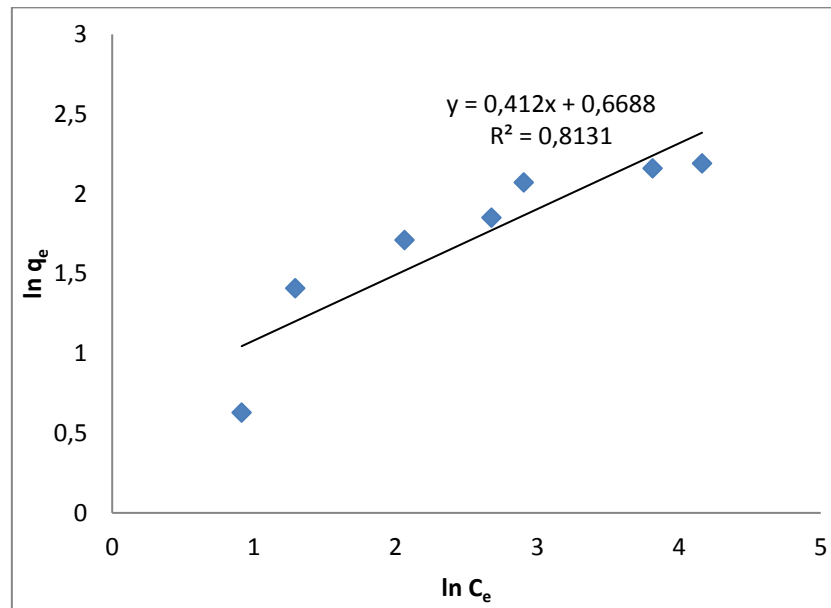


Fig.10. Essai de modélisation d'isotherme d'adsorption du RTL par déchets de thé, selon le modèle de Freundlich.

Tableau 2. Les paramètres des essais de modélisation des isothermes d'adsorption de RTL par les déchets de thé.

Modèle isotherme	Constante de l'isotherme		
	b	q_m	R^2
Modèle de Langmuir	0,0097	142,857	0,992
Modèle de Freundlich	n	K_F	R^2
	0,412	1,95	0,813

4. Conclusion

Les résultats obtenus dans ce travail nous ont permis de faire les conclusions suivantes : L'adsorption du rouge télon lumière a donné un bon résultat pour des paramètres optimaux suivants : Le temps de contact est de 50min, le pH est égale à 3, et La concentration initiale en colorant est de 80 mg/l, et la masse du support est de 5 mg. Le calcul des paramètres thermodynamiques ΔG^0 , ΔH^0 et ΔS^0 a montré que le processus d'adsorption du rouge télon lumière sur les déchets de thé est exothermique. L'ordre de grandeur de la valeur de l'enthalpie de la réaction indique dans ce cas il s'agit d'une adsorption physique ainsi que sa valeur négative montre que le processus est exothermique. L'isotherme d'adsorption du rouge télon lumière par le déchet de thé est décrite de manière satisfaisante par le modèle de Langmuir, alors que le modèle de Freundlich ne peut décrire nos résultats expérimentaux sur tout le domaine de concentration étudié.

Références

- [1] **Flórez-Restrepo M. A., García-Jiménez M., López-Lugo D. F., Múnera-Porras L. M., Pino-Rodríguez N. J., Peñuela-Mesa G. A.** (2018). Discoloration of Reactive black by individual and consortium of *Rhodotorula mucilaginosa*, *Galactomyces pseudocandidum* and *Escherichia coli* free and immobilized. *Ingeniería e Investigación*, 38(3), 8-14.
- [2] **Meriem Bendjelloul, Mehdi Kheira, El Hadj Elandalousi,** (2020), Application d'un polymère lignocellulosique porteur de groupements carboxylate pour l'élimination de polluants organiques en solution aqueuses *Inter. J. Nat. Resour. Env.* Vol. 2, No. 2; pp. 37-50.
- [3] **Aboua K. N., Soro D. B., Diarra M., Dibi K., N'guettia K. R., Traore K. S.** (2018). Étude de l'adsorption du colorant orange de méthyle sur charbons actifs en milieu aqueux : influence de la concentration de l'agent chimique d'activation. *Afrique science*, 14(6), 322-331.
- [4] **N'guettia R. K., Aboua N. K., Diarra M., Kpan kpan g. k., Soro B. D., Meite I., Gombert B., Dembele A., Traore K. S.,** (2019). Etude de l'influence des paramètres opératoires sur l'élimination de la ciprofloxacine par des matériaux à base d'argile. *International Journal of Biological and Chemical Science*, 13(1), 543-556.
- [5] **Mehrdad C., Soheil S., Bahareh L., Raziye Z.** (2016). Tea Wastes Efficiency on Removal of Cd(II) From Aqueous Solutions. *Journal Homepage*, 5(3), 184-191.
- [6] **A. Benaissa,** (2012) Etude de la faisabilité d'élimination de certains colorants textiles par certains matériaux déchets d'origine naturelle, Mémoire de master, Université Abou Bakr Balkaid-Tlemcen.
- [7] **E. Erias,** (2011), Réactivité de surface d'argiles naturelles-étude de l'adsorption de colorants anioniques. Thèse de Doctorat, Université de Strasbourg, France.
- [8] **E. Haque, J.W. Jun, S.H. Jung,** (2011), Adsorptive removal of methyl orange and methylene blue from aqueous solution with a metal-organic framework material, iron terephthalate (MOF-235), *J. Hazard. Mater.*, 185, 507-511.
- [9] **Y. Seki, K. Yurdaoç,** (2006), Adsorption of Promethazine hydrochloride with KSF Montmorillonite, *Adsorption*, 12, 89-100.
- [10] **M. Hamdi Karaoglu, M. Dogan, M. Alkan,** (2010), Kinetic analysis of reactive blue 221 adsorption on kaolinite, *desalination*, 256, 154-165.
- [11] **M. M Dubinin, A. A Isirikyan, G.U Rakhmatkariev, V.V Serpinski,** (1973), Differential adsorption heats of water on powdered synthetic zeolite Na-X. *Izvestiya Akademii Nauk SSSR, Serya Khimicheskaya*, 4, 934-936.
- [12] **P.C. Hiemenz,** (1986) in: *principales of colloid and surface chemistry*, Ed., Marcel Dekker, New York, 353-419.
- [13] **R. Calvet, M. Terce, J.C.** (1980), A review, *Adsorption des pesticides par les sols*, *Ann. Argon*, 31, 239-257.