



International Journal of Natural Resources and Environment

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

ISSN 2710-8724



I
J
N
R
E

Adsorption du bleu de sétapers issu de l'industrie de textile TAYAL de Relizane sur un biosorbant à faible coût préparé à base de feuilles d'artichaut

Abdelkarim Seghier^{1,2*}, Fatima Habouchi¹, Faima Zohra Fortas¹, Lamia Cheklam¹, Mohamed Hadjel²

¹University Centre of Relizane Ahmed Zabana, Relizane, BP 48000, Algeria.

²Laboratory of Sciences, Technologies and Process Engineering, Department of Industrial Organic Chemistry, Faculty of Chemistry, University of Science and Technology – Mohamed BOUDIAF of Oran, BP 1505 El Mnaouar, Bir El Djir 31000 Oran, Algeria.

* Corresponding author: krimouvert@yahoo.fr/Abdelkarim.seghier@cu-relizane.dz (A. Seghir)

Article details: Received: 05 February 2021, Revised: 05 April 2021, Accepted: 15 April 2021

Résumé:

Le présent travail a but d'étudier la cinétique et l'isotherme de sorption d'un colorant organique azoïque (bleu de sétapers) sur les feuilles des artichauts considérées comme déchet végétal. L'étude cinétique de la biosorption du bleu de sétapers sur le biosorbant préparé a montré que le maximum de la rétention est enregistré au-delà de 60 minutes et que le modèle du pseudo deuxième ordre est bien adapté à ce transfert liquide solide, qui indique que la chimisorption est le mécanisme le plus dominant. Les données de l'isotherme de sorption a montré un ajustement linéaire exacte du modèle de Langmuir ($R^2 > 0.99$) et indique que le transfert adsorbat/adsorbant généralement se fait en monocouche avec une capacité maximale de sorption de Langmuir de l'ordre de 23.31 mg/g. Le coefficient de détermination de l'équation de Freundlich avec une valeur de 0.9688 est plus moins acceptable et suggère la possibilité de présence de sorption multicouches en quelques sortes avec une capacité de sorption multicouches de $1.74 \text{ mg}^{1-1/n} \text{ L}^{1/n} \text{ g}^{-1}$.

Mots clés : TAYAL ; bleu de sétapers ; eau usée ; pollution ; biosorption.

Abstract:

The purpose of this work is to study the kinetics and isothermal sorption of an organic azo dye (setapers blue) on the leaves of artichokes considered as vegetable waste. The kinetic study of the biosorption of setapers blue on the prepared biosorbent showed that the maximum retention is recorded beyond 60 minutes and that the pseudo second order model is well suited to this solid liquid transfer, who indicates that chimisorption is the most dominant mechanism. The sorption isotherm data showed an exact linear fit of the Langmuir model ($R^2 > 0.99$) and indicates that the adsorbate / adsorbent transfer generally takes place in a monolayer with 23.31 mg/g of maximum Langmuir sorption capacity. The coefficient of determination of the Freundlich equation with a value of 0.9688 is more less acceptable and suggests the possibility of the presence of multilayer sorption of some kind with a multilayer sorption capacity of $1.74 \text{ mg}^{1-1/n} \text{ L}^{1/n} \text{ g}^{-1}$.

Keywords: TAYAL; setapers blue; wastewater; pollution; biosorption.

1. Introduction

De nos jours, l'eau est considérée comme une richesse rare qu'il est indispensable de protéger. Or, l'augmentation des activités industrielles engendre une pression grandissante sur les réserves en eau douce de la planète. La contamination des eaux par des polluants d'origines diverses est un problème d'actualité. Dans l'industrie textile en particulier, les eaux résiduaires sont l'une des plus importantes sources de pollution des eaux superficielles et des nappes souterraines, surtout envers les terres agricoles (qualité de la récolte) et sur la faune et la flore (Aziz et al. 2009).

L'industrie du textile est l'une des industries la plus consommatrice d'eau et génère des rejets constitués de molécules organiques récalcitrantes présentant généralement des problèmes de couleur, de concentrations élevées de DBO5, de DCO, de matières en suspension, ainsi que de toxicité et de conductivité élevées (Mansour et al. 2011). Les rejets de l'industrie textile constituent d'énormes nuisances pour la santé humaine et l'environnement. En fait, les différents colorants utilisés causent de sérieux problèmes en raison de leur stabilité et de leur faible biodégradabilité. Ainsi, il est nécessaire de traiter ces rejets avant qu'ils soient déversés dans le réseau d'assainissement. Ces effluents à traiter contiennent des substances non biodégradables, inhibitrices ou toxiques pour la plupart des microorganismes vivants. Par ailleurs, l'hétérogénéité de leur composition rend difficile voire quasiment impossible l'obtention de seuils de pollution inférieurs ou égaux à ceux imposés par les normes environnementales, après traitement par les techniques traditionnelles (Belaroui et al., 2014). Ce travail a pour objectif d'établir une étude expérimentale sur les performances de fonctionnement d'une station d'épuration des eaux usées de l'industrie textile opérationnelle dans notre région.

Le choix s'est porté sur l'unité 12 du complexe textile TAYAL SPA situé dans la wilaya de Relizane (Ouest d'Algérie). Cependant, la décoloration des rejets de textiles a fait l'objet de très nombreuses études afin d'éliminer ou de récupérer ces composés. Toutefois, l'adsorption demeure la technique classique la plus préconisée en raison de sa simplicité, son efficacité, sa facilité de mise en œuvre et son faible coût. Dans ce contexte, notre étude a porté sur l'élimination du colorant : le bleu de sétapers par adsorption sur les feuilles des artichauts.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Préparation du biosorbant

Les feuilles d'artichauts ont été collectées par la mise en disposition de dizaine de famille une méthodologie contrôlée de décharge. Donc les feuilles d'artichauts ont été mises séparément dans des récipients en plastique. Les feuilles ont été séchées à l'aire libre et sous l'énergie solaire avec une température moyenne de jour de 44 °C, lavées plusieurs fois et séchées dans une étuve couplée d'une source de rayonnement UV. Les feuilles ont été coupées par la suite en petits morceaux, broyées et tamisées. La fraction de diamètre compris entre 315 et 400 µm a été sectionnée pour les tests de biosorption du bleu de sétapers. La poudre préparée à base des feuilles d'artichauts est nommée FA.

2.2. Choix du polluant

Vu sa toxicité majeure, dans cette étude préliminaire nous avons choisis le colorant azoïque bleu de sétapers comme substances à éliminer par la technique de biosorption en utilisant FA comme un support abondant et à très faible coût.

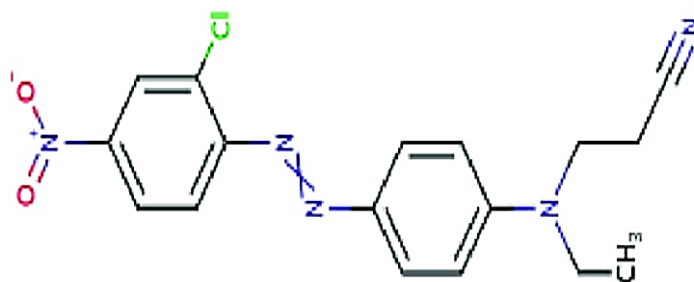


Fig.1. Formule chimique du bleu de sétapers.

Comme il fait partie des colorants azoïques, le bleu de sétapers est considéré comme une substance cancérigène (Brown and De Vito 1993, Tsuda et al. 2000). Selon l'Agence danoise de protection de l'environnement (DEPA, 2000), l'estimation des risques de cancer nécessite de fixer une concentration limite de 3,1 µg/ l de colorant azoïque dans l'eau potable (Mansour et al. 2011).

2.3. Etude cinétique de la biosorption du BS sur FA

2.3.1. Effet du temps du contact

La détermination du temps optimal de contact adsorbat/adsorbant est une étape obligatoire dans les études de l'adsorption liquide/solide.

Les expériences de l'effet de temps de contact BS/FA, ont été réalisées en mettant en contact 0.2g du biosorbant avec 25 mL des solutions aqueuses de 50 mg/L en BS. Les mélanges réactionnels ont été agités pendant différents intervalles de temps, allant de 5 à 180 min. les suspensions ont été séparées du liquide par 45 min de centrifugation à 4000 tours par minute.

La concentration de bleu de sétapers dans la phase liquide a été déterminée en utilisant un spectrophotomètre UV-Visible DR 3900, à une longueur d'onde de 604 nm. La quantité et le taux de rétention du bleu de sétapers ont été déterminés respectivement, par l'équation 1 et 2 (Seghier et al., 2018).

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

$$\% = \frac{C_0 - C_e}{C_0} \quad (2)$$

C_0 et C_e en mg/L, sont respectivement, la concentration initiale et d'équilibre du bleu de sétapers en solution aqueuse, V en mL est le volume de la solution aqueuse et m est la masse de la poudre des feuilles d'artichauts.

2.3.2. Effet de masse

Les courbes représentatives de l'effet de la masse de FA sur la quantité et le temps de suppression de BS, ont été obtenues en agitant les mélanges FA/solution 50 mg en BS pendant une heure. La masse a été variée de 0.1 à 0.4 g avec une marge de 0.1g.

Les concentrations et la quantité adsorbée ont été déminées comme mentionné ci-dessus dans la section effet de temps.

2.3.3. Ordre de la réaction

L'ordre de la réaction est une référence de base pour bien comprendre les mécanismes de sorption mis en jeu au milieu réactionnels. La littérature apporte que l'ordre de premier et deuxième ordre et la diffusion intraparticulaire, sont les plus adaptés à la cinétique de sorption des colorants sur matériaux adsorbants (Belaid and Kacha 2011, I C 2019) :

Le modèle du pseudo-premier ordre est donné par la formule de Lagergren (Lagergren 1898):

$$\log(q_e - q_t) = \log(q_e) - \frac{k_1}{2,03} * t \quad (3)$$

Où q_e et q_t exprimée en mg/g, se sont respectivement, la quantité du bleu de sétapers adsorbée sur les feuilles d'artichauts à l'équilibre et à l'instant t . k_1 est la constante de pseudo-premier-ordre (1/min).

L'équation du deuxième ordre proposée par Ho et Mackay, est exprimée comme suit (Hoet et al. 1999, Amran and Zulfikar 2010):

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} * t \quad (4)$$

k_2 est la constante de vitesse du deuxième ordre exprimée en g/mg min.

2.4. Isotherme de sorption du BS sur FA

L'étude de l'influence de la concentration initiale de BS sur la sorption a été effectuée sous la température ambiante sur des solutions aqueuses de différents teneurs en colorant avec des concentrations comprises entre 25 et 600 mg/L.

Les milieux réactionnelles Liquide/solide, ont été préparés en mélangeant 25 mL de solution colorée de pH initiale avec 0.2 g de particules FA. Le contact solide/liquide et provoquée par agitation pendant 60 min. La séparation biomasse/solution et le calcul de la quantité adsorbée est effectués par la même façon à celles de la cinétique.

Les données expérimentales obtenues lors de la sorption de BS sur FA sont modélées mathématiquement par l'application de l'équation de Langmuir et Freundlich.

L'isotherme de Langmuir suggère que l'adsorption se fait en monocouche et donnée par sa formule linéaire suivante (Atout et al. 2017):

$$\frac{C_{eq}}{q_{eq}} = \frac{C_{eq}}{Q_{max}} + \frac{1}{Q_{max} * k_L} \quad (5)$$

Q_{max} en mg/g, est la capacité de sorption monocouche de Langmuir du bleu de sétapers par les feuilles d'artichauts. k_L est la constante de Langmuir exprimée en L/g.

Le paramètre d'équilibre (facteur de séparation) R_L est calculé par relation suivante (Seghier et al., 2017):

$$R_L = \frac{1}{1 + k_L * C_0} \quad (6)$$

C_0 (mg. L⁻¹) est la concentration de soluté la plus élevée. L'isotherme soit défavorable ($R_L > 1$), linéaire ($R_L = 1$), favorable ($0 < R_L < 1$) ou irréversible ($R_L = 0$).

L'isotherme de Freundlich est dérivée de l'hypothèse que les sites d'adsorption sont distribués de manière exponentielle par rapport à la chaleur d'adsorption (Freundlich 1906). L'isotherme suppose que l'adsorption se produit sur une surface adsorbante hétérogène, c'est-à-dire une adsorption multicouche.

La forme linéaire logarithmique de l'isotherme de Freundlich peut être représentée comme suit :

$$\log q_e = \frac{1}{n} * \log C_e + \log k_F \quad (7)$$

k_F (mg^{1 - 1/n} L^{1/n} g⁻¹) et n sont les constantes de Freundlich qui sont liées à la capacité et l'intensité de la sorption. En outre, les valeurs de n ont une relation avec la favorabilité du processus de sorption (Freundlich 1906, Pollard, Sollars and Perry 1991, Yao et al. 2010).

3. Résultats et Discussions

Les données obtenues par les expériences de l'effet du temps, sont présentées graphiquement par la figure 2.

La figure 2, indique que la cinétique de sorption du BS par FA, passe par trois essentiels stades ; une évolution rapide de la quantité de rétention dans les premières trente minutes, qui devient relativement lente entre 30 et 60 min et atteindre le maximum d'élimination de 4.2459 mg de bleu de sétapers par un gramme de feuilles d'artichauts. Cette quantité correspond à 67.93 % d'élimination. L'étude de l'effet de temps de contact a montré que le temps de contact optimal pour un maximum de rétention de BS par FA est de 60 minutes.

Les courbes représentatives de l'effet de la masse de FA sur la quantité et le taux de surpression de BS (Fig. 3), ont montrées que le pourcentage d'élimination de la substance étudiée (BS), augmente en fonction de la dose de FA avec une valeur maximale de 67.27 %. Ceci est justifié par la multiple disponibilité de sites adsorbants vacants qui favorise la progression du transfert entre la masse et le gradient de concentration et améliore la migration de BS à la surface externe du FA (Owojori et al., 2008). Un écart très faible (1.22%) a été enregistré entre une masse de 0.2 et 0.4g de FA. Pour des raisons économiques, 0.2g de FA est sélectionnée pour l'étude des isothermes de sorption de BS.

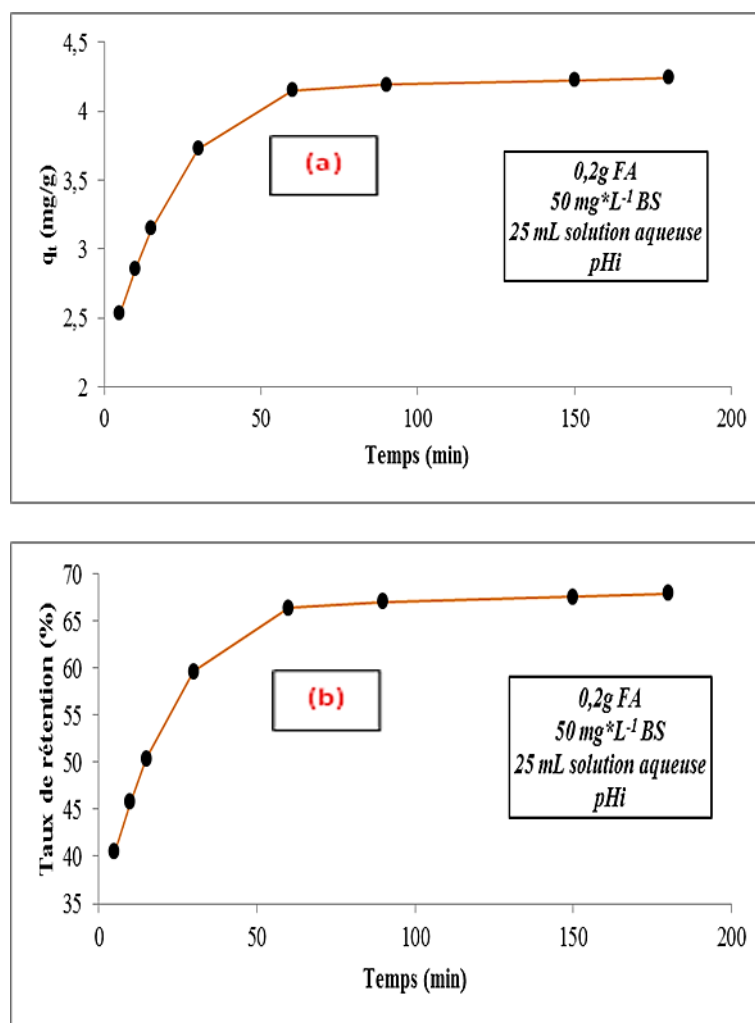


Fig.2. Effet de temps de contact sur la quantité adsorbée (a) et le taux de rétention (b) du BS sur FA.

Le tracé $\log (q_t - q_e)$ en fonction de $\log (q_e)$ et les constantes de pseudo-premier ordre, représentés respectivement, par la figure 4 et le tableau 1, montrent une droite avec un faible coefficient de corrélation R^2 de l'ordre 0.9251 et la valeur calculée de la quantité adsorbée du BS par FA (1.4615 mg/g) est largement inférieure à celle déterminée expérimentalement (4.2959 mg/g). Ces constatations, nous informent que la cinétique de la sorption du bleu de sétaires n'est pas commandée par l'équation de pseudo-premier-ordre, et que la rétention n'expose pas un mécanisme de diffusion contrôlée (Belaid and Kacha 2011, I C 2019).

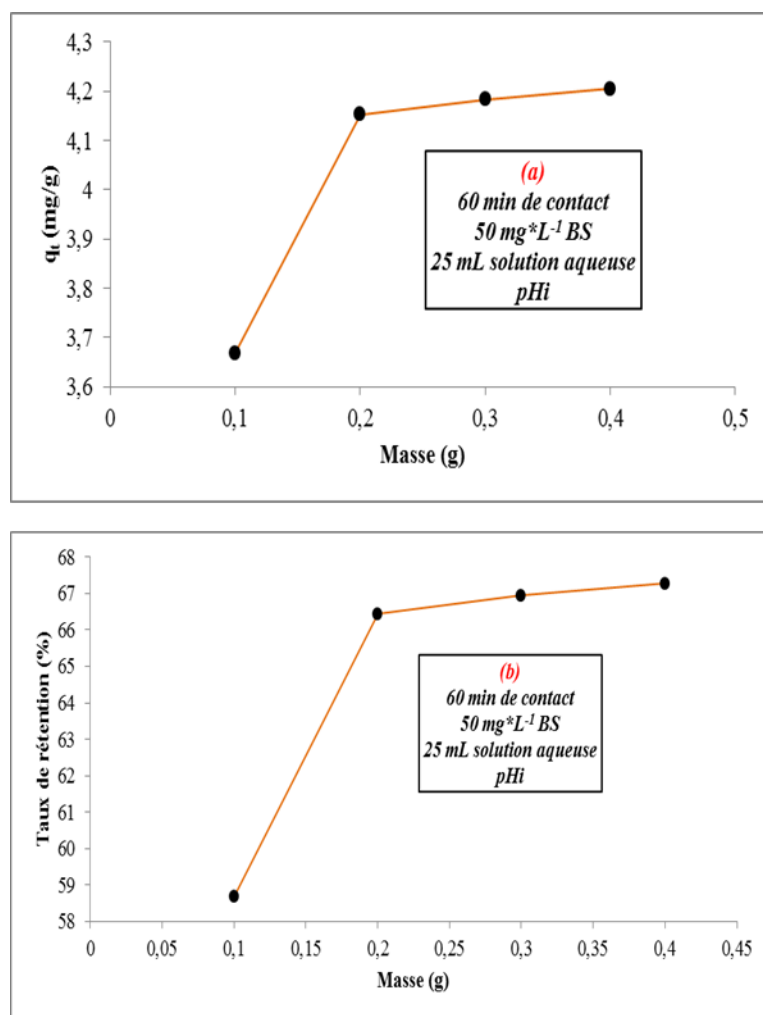


Fig.3. Effet de la dose de FA sur quantité adsorbée (a) et le taux de rétention (b) du colorant BS.

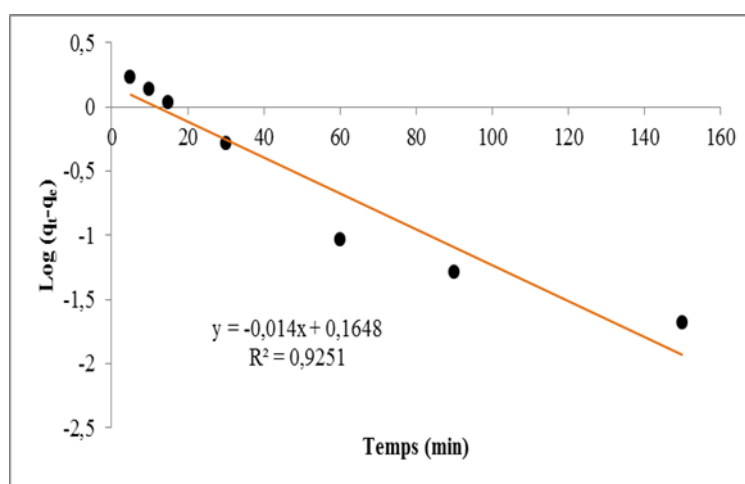


Fig.4. Présentation graphique de l'équation de pseudo-premier-ordre de la biosorption du BS par FA.

La figure 5, montre un ajustement exact de la droite (t/q_t) au fils du temps de contact avec un bon coefficient de corrélation R^2 qui dépasse le seuil de 0.99 et qui est plus supérieur à celui retrouvé avec la droite du modèle de pseudo-premier-ordre.

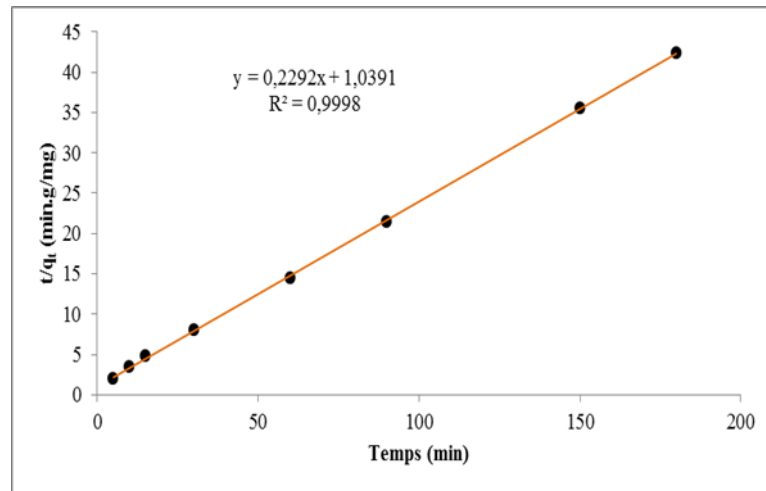


Fig.5. Présentation graphique de l'équation de pseudo-premier-ordre de la biosorption du BS par FA.

Contrairement au pseudo-premier ordre, le tableau 1, indique que la valeur de la quantité adsorbée du colorant étudié par FA calculée par congruence de l'équation du pseudo-deuxième-ordre et celle déduit graphiquement (4,36 mg/g), est très proche de la valeur expérimentale (4,25 mg/g) avec une barre de différence de 2.82%. La lecture de ces données nous laisse à dire que la chimisorption est le mécanisme dominant lors du processus de la sorption du bleu de sétaires sur la surface des feuilles d'artichauts (Belaid and Kacha 2011, I C 2019).

Tableau 1. Paramètres de pseudo-premier et deuxième-ordre de la biosorption du BS par FA.

Equation de pseudo-premier-ordre			Equation de pseudo-deuxième-ordre		
R^2	q_{e1} calculée (mg/g)	K_1 (min^{-1})	R^2	q_{e2} calculée (mg/g)	K_2 ($\text{L}/\text{min} \cdot \text{mg}$)
0,9251	1,4615	0,0284	0,9998	4,36	0,0546
q_e expérimentale = 4.25 mg/g					

La courbe représentée par la figure 6, montre que la capacité d'adsorption augmente progressivement avec la concentration initiale de colorant jusqu'à une valeur maximale de 20.97 mg/g. L'allure de l'isotherme de sorption suit le type L selon la classification de Giles et al (Owojori et al. 2008). Ce type d'isotherme est généralement obtenu lors d'une sorption monocouche ou les molécules du soluté s'adsorbent à plat sur la surface du solide sans avoir une compétition entre les molécules du solvant et le colorant pour l'occupation de ces sites (Amran and Zulfikar 2010).

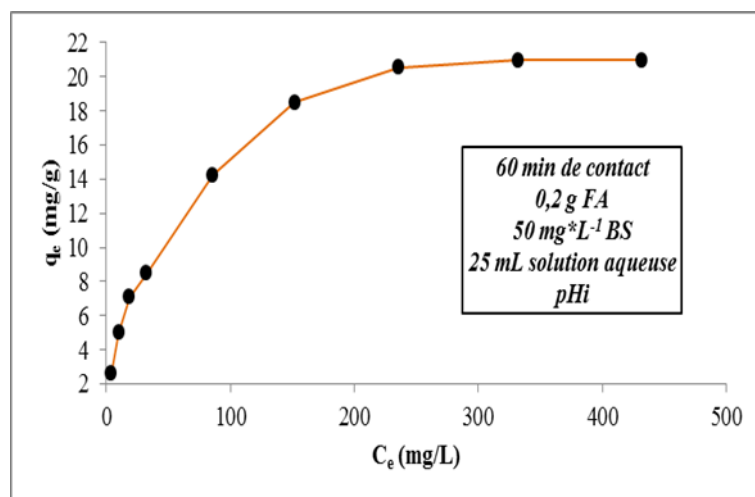


Fig.6. Présentation graphique de l'équation de pseudo-premier-ordre de la biosorption du BS par FA.

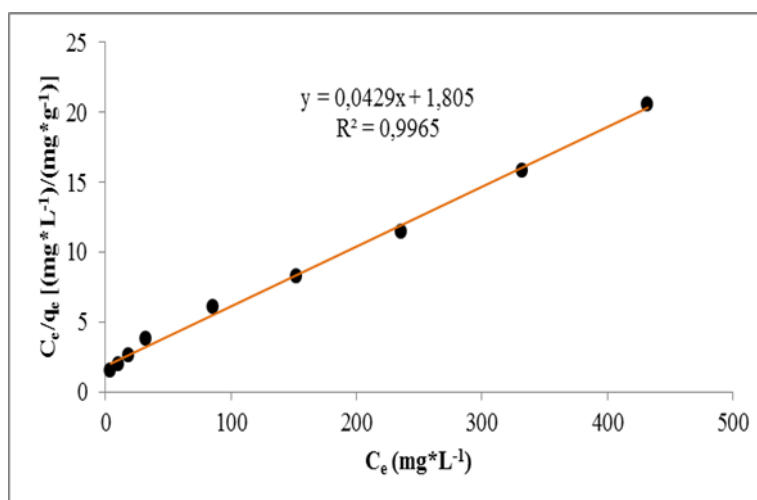


Fig.6. Présentation graphique de l'équation de pseudo-premier-ordre de la biosorption du BS par FA.

Le tableau 2, regroupe les résultats de l'application de l'isotherme de Langmuir et de Freundlich sur le sorption du bleu de sétapers par FA et indique l'adaptation des deux modèles sur le mécanisme de sorption.

Tableau 2. Paramètres d'isothermes de Langmuir et Freundlich de la biosorption du BS par FA.

Equation de Langmuir				Equation de Freundlich		
R^2	$Q_{\max}$ (mg/g)	K_L (L/g)	R_L	R^2	K_F (mg ^{1-1/n} L ^{1/n} /g)	n
0,9965	23,31	0,0774	0,0211	0,9688	1,7430	2,2548

L'isotherme de Langmuir a donné une corrélation plus élevée (>99%) et un ajustement correct aux données expérimentales que l'isotherme de Freundlich où la valeur de R^2 est de l'ordre de 0,96. Le bon coefficient de corrélation de l'isotherme de Langmuir confirme qu'une interaction adsorbat-adsorbant s'est produite par une monocouche chimisorption et que liaisons chimique ont été produite entre la charge du colorant et la surface des feuilles d'artichauts (I C 2019).

La bonne corrélation observée pour l'isotherme de Freundlich relative à la sorption multicouches, suggère qu'il pourrait y avoir une certaine physisorption sur les ions de colorant adsorbée par une chimisorption sous incubation prolongée, puisque cette interaction ne nécessite que de forces faible de van der Waals (I C 2019). Les données du modèle isotherme de Freundlich ont donné une valeur de n supérieures à 1, ce qui a révélé qu'il y avait une adsorption favorable du BS sur FA (Pollard et al. 1991, Yao et al. 2010).

La valeur de R_L (0,0211), comprise entre 0 et 1, indique que l'isotherme de sorption est favorable (Seghier et al. 2017).

La capacité de la sorption monocouche de Langmuir et multicouches de Freundlich sont respectivement, 23,31 mg.g⁻¹ et 1,743 mg^{1-1/n} L^{1/n} g⁻¹.

4. Conclusion

Cette étude qui rentre dans le cadre de la dépollution des eaux a eu pour objectif d'étudier la réactivité et l'efficacité d'un bio-adsorbant (feuilles des artichauts) dans le processus d'adsorption d'un colorant azoïque (bleu de sétapers).

La rétention du colorant par le support est rapide pendant les première minute de contact jusqu'à l'obtention d'un palier qui correspond à l'équilibre au bout de 60min, ce qui est relatif à la disponibilité des sites actifs du support. La cinétique d'adsorption est représentée mieux par le modèle de pseudo-second ordre ($R^2=0,9998$) et de l'isotherme d'adsorption du BS sur FA est de type (L) selon la classification de Gill.

L'isotherme d'adsorption de colorant par l'adsorbant est décrite de manière exacte et satisfaisante respectivement, par le modèle de Langmuir et de Freundlich. Ces constatations indiquent que la chimisorption en monocouche et le mécanisme appliqué sur la sorption du bleu de sétapers sur les feuilles d'artichauts avec une capacité maximale de rétention de 23,31 mg/g.

L'augmentation de la masse augmente les sites actifs et améliore le taux de la rétention du bleu de sétapers sur les feuilles d'artichauts.

Les valeurs de n et R_L , confirment que la sorption et l'isotherme de sorption est favorable.

Il ressort de cette étude que ce matériau est de bon biosorbant à pH initiale et sous la température ambiante. Ces résultats sont intéressants et nous incitent de caractérisé la surface adsorbante pour mieux décrire les lisons adsorbat/adsorbant, étudier l'influence de la température sur le taux d'élimination et de tester la rétention d'autres éléments chimiques polluants.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier chaleureusement Monsieur Adda Ould Cheikh ; directeur du laboratoire OC de Relizane-Algérie pour son aide au cours de cette étude.

Références

- Amran, M. B. & M. A. Zulfikar** (2010) Removal of Congo Red dye by adsorption onto phyrophyllite. *International journal of environmental studies*, 67, 911-921.
- Atout, H., A. Bouguettoucha, D. Chebli, J. Gatica, H. Vidal, M. P. Yeste & A. Amrane** (2017) Integration of Adsorption and Photocatalytic Degradation of Methylene Blue Using TiO_2 Supported on Granular Activated Carbon. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 42, 1475-1486.
- Aziz, A., M. S. Ouali, E. H. Elandaloussi, L. C. De Menorval & M. Lindheimer** (2009) Chemically modified olive stone: A low-cost sorbent for heavy metals and basic dyes removal from aqueous solutions. *Journal of hazardous materials*, 163, 441-447.
- Belaid, K. & S. Kacha** (2011) Étude cinétique et thermodynamique de l'adsorption d'un colorant basique sur la sciure de bois. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 24, 131-144.
- Belaroui, K., A. Seghier & M. Hadjel** (2014) Synthesis of activated carbon based on apricot stones for wastewater treatment. *Desalination and water treatment*, 52, 1422-1433.
- Brown, M. A. & S. C. De Vito** (1993) Predicting azo dye toxicity. *Critical reviews in environmental science and technology*, 23, 249-324.
- Freundlich, H.** (1906) Over the adsorption in solution. *J. Phys. Chem*, 57, 1100-1107.
- Hoet, P., L. Gilissen, M. Leyva & B. Nemery** (1999) In vitro cytotoxicity of textile paint components linked to the "Ardystil syndrome". *Toxicological sciences: an official journal of the Society of Toxicology*, 52, 209-216.
- Samuel A. E., Nwankwo I. C., Ezebor F., Ojuolape A. A.** (2019) Adsorption of chromium by brewers spent grain-g-poly (acrylic acid-co-acryl amide) from electroplating effluent.
- Lagergren, S. K.** (1898) About the theory of so-called adsorption of soluble substances. *Sven. Vetenskapsakad. Handlingar*, 24, 1-39.
- Mansour, H., O. Boughzala, D. Barillier, L. Chekir-Ghedira & R. Mosrati** (2011) Les colorants textiles sources de contamination de l'eau: CRIBLAGE de la toxicité et des méthodes de traitement. *Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science*, 24, 209-238.
- Owojori, O. J., A. J. Reinecke & A. B. Rozanov** (2008) Effects of salinity on partitioning, uptake and toxicity of zinc in the earthworm *Eisenia fetida*. *Soil Biology and Biochemistry*, 40, 2385-2393.
- Pollard, S. J., C. J. Sollars & R. Perry** (1991) A low cost adsorbent from spent bleaching earth. II—Optimisation of the zinc chloride activation procedure. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 50, 277-292.

- Seghier, A., M. Hadjel & N. Benderdouche** (2017) Adsorption study of heavy metal and acid dye on an amphoteric biomaterial using barbary fig skin. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 42, 1487-1496.
- Seghier, A., M. Hadjel & N. Benderdouche** (2018), Comparative Study of the Sorption Capacity and Contact Time of Congo Red Removal in a Binary and Singular System. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 43, 2319-2327.
- Tsuda, S., N. Matsusaka, H. Madarame, S. Ueno, N. Susa, K. Ishida, N. Kawamura, K. Sekihashi & Y. F. Sasaki** (2000) The comet assay in eight mouse organs: results with 24 azo compounds. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 465, 11-26.
- Yao, Y., F. Xu, M. Chen, Z. Xu & Z. Zhu** (2010) Adsorption behavior of methylene blue on carbon nanotubes. *Bioresource technology*, 101, 3040-3046.