

Etude de la biosorption d'un colorant basique sur un matériau végétal en système dynamique

N. Guendouz, H. Rezzaz-Yazid

Laboratoire de Génie de la Réaction, Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene, USTHB, Alger, Algérie

*Corresponding author: nardjesse@live.fr

ARTICLE INFO

Article History:

Received : 09/03/2016

Accepted : 30/04/2016

Mots clés:

Bleu de Méthylène ;
Pédicelles de dattes ;
Lit fixe ;
Zone de transfert de matière.

Key Words :

Methylene blue;
Date pedicels;
Fixed bed;
Zone of transfer of matter.

ABSTRACT/RESUME

Résumé : L'objectif de cette étude, est de tester le pouvoir adsorbant d'un matériau végétal local et abondant dans notre pays, les pédicelles de dattes, pour l'élimination d'un colorant synthétique : le Bleu de Méthylène. Les essais de biosorption de BM en mode dynamique ont servi pour examiner l'influence de quelques paramètres de fonctionnement intervenant dans la biosorption en lit fixe, tels que le débit d'alimentation, la hauteur du lit, la porosité du lit (compactage) et la concentration initiale de BM. La caractérisation du système, en utilisant la méthode de la zone de transfert de matière, nous a permis de conclure que la biosorption est favorisée pour les faibles débits (4 mL/min), aux plus grandes hauteur et porosité du lit et à la plus faible concentration initiale en BM.

Abstract: The objective of this study is to test the adsorbing capacity of a local and abundant vegetable material in our country, the date pedicels, for the elimination of a synthetic dye: Methylene blue. The tests of biosorption of BM in dynamic mode were served to examine the influence of some parameters stepping in the biosorption in fixed bed, such as the rate of feed, the height of the bed, the porosity of the bed (compaction) and the initial concentration of BM. The characterization of the system, using the method of the zone of transfer of matter, Allowed us to conclude that the biosorption is favored for lower flow (4 mL/min), with largest the height and porosity of the bed and with the weakest initial concentration in BM.

I. Introduction

L'eau représente le constituant majeur de la matière vivante. Chez la plupart des êtres vivants, la teneur en eau est de l'ordre de 70% voire davantage. L'eau est un élément vital dont l'importance au niveau planétaire est sans cesse rappelée. Sa pollution par les activités industrielles et agricoles constitue un sujet de préoccupation majeur de nos sociétés développées, de ce fait, un vaste sujet d'étude est entrepris pour réduire cette pollution à la source si possible ou dans les effluents si nécessaire avec des traitements curatifs appropriés. Le génie des procédés, très concerné par

la réduction des effets de l'industrie sur l'environnement, s'est depuis longtemps saisi de cette problématique, à la fois au niveau amont en concevant des procédés intrinsèquement propres, et en aval, en mettant en œuvre des procédés de traitement d'effluents adaptés aux divers effluents industriels. Plusieurs industries utilisent des pigments pour colorer leurs produits, à titre d'exemple les industries du textiles, papier, plastique, bois...etc [1]. La présence des colorants dans l'eau, même à faibles concentrations, est fortement indésirable et peut causer de sérieux problèmes de pollution. [2].

L'adsorption est l'un des procédés les plus utilisés dans le monde en vue de réduire la concentration des colorants dans les eaux usées. Cependant, les charbons actifs commerciaux, principaux adsorbants utilisés en traitement d'eaux, sont relativement chers. Ainsi au cours des récentes décennies, la recherche de matériaux adsorbants bon marché, ayant une efficacité comparable à celle des charbons actifs commerciaux, en ce qui a trait à leur utilisation en traitement d'eaux, a constitué un important thème de recherche. Nous citons comme exemple l'asciure de bois[3], les épiluchures d'oranges [4], les épiluchures de banane [5], moelle de fibre de coco [6], la boue d'industrie du sucre [7], noyaux de prune[8] et les noyaux de datte et les déchets palmiers[9].

L'aptitude de ces matériaux, aussi bien à l'état natif que modifié, à fixer les colorants a en effet été confirmée par de nombreux chercheurs, il est donc envisageable de projeter de mettre à profit ces matériaux adsorbants pour la mise en place de procédés alternatifs aux procédés conventionnels, généralement trop coûteux. Cette démarche permettrait de réduire la dépendance par rapport aux matériaux et réactifs importés des pays industrialisés, tout en minimisant les coûts liés au fonctionnement des installations de traitement des eaux. Ainsi les pédicelles de dattes, un sous-produit agricole assez abondant dans notre pays, paraît particulièrement attractif.

Les travaux réalisés visent à étudier le potentiel d'utilisation des pédicelles de datte pour le traitement d'effluents contenant un colorant basique: le Bleu de Méthylène. Les expériences ont été réalisées en système dynamique (colonne).

II. Materials and methods

Avant d'entamer l'étude de la biosorption du Bleu de Méthylène en système dynamique, nous présenterons dans cette partie, en premier lieu l'adsorbat et le biosorbant et en second lieu nous exposerons la méthode utilisée dans notre étude expérimentale.

II.1. Matériel

II.1.1. Biosorbant : Pédicelles de dattes

D'énormes quantités de déchets sont généralement disponibles au niveau des exploitations agricoles et des installations agroindustrielles de notre pays. Ces déchets sont susceptibles d'être valorisés dans le traitement des eaux polluées ou usées, qui à côté des déchets solides, contribuent dans une large mesure à la dégradation de notre environnement. Ainsi, les pédicelles de dattes, sous-produits du palmier dattier paraissent particulièrement attractifs [10]. Les pédicelles de dattes sont de la région de Biskra de l'hiver 2012. Ils sous forme de fibres longues de

couleur jaune, contenant des petites coques marron (figure 1).



Figure 1. Les pédicelles de dattes

La préparation du biosorbant est réalisée comme suit :

- Les pédicelles de dattes sont coupés en petits morceaux, puis séchés dans l'étuve à 70°C pendant environ 48Heures ;
- Ils sont ensuite broyés puis lavés à froid avec de l'eau du robinet afin d'éliminer la matière organique dissoute ;
- Les pédicelles de dattes lavés sont ensuite laissés à l'air libre pendant 24h puis séchés dans l'étuve pendant 48 Heures à 70°C.
- Enfin ils sont tamisés et la fraction de granulométrie retenue est: [400-500] µm.



Figure 2. Les pédicelles de dattes broyés.

II.1.2. Adsorbat : Bleu de Méthylène

Le Bleu de Méthylène (ou chlorure de méthylthioninium) est un composé organique de synthèse, dont le nom officiel est 3,7-bis-(diméthylamino) phenazathionium.). A température ambiante le Bleu de Méthylène est une poudre pleine, inodore et de couleur verte foncée. Il est soluble dans l'eau et plus légèrement dans l'alcool.

II.2. Méthodes

II.2.1. Protocole opératoire des essais de biosorption en continu

Les expériences ont été réalisées dans une colonne en verre de 2 cm de diamètre intérieur et 40

cm de hauteur. Une section calmante en billes de verre est placée au fond de la colonne et une autre quantité de bille est placée au-dessus du lit de pédicelles de dattes lavés afin de minimiser le gonflement du lit et d'éviter que les particules du biosorbant ne soient entraînées par l'écoulement ascendant de l'eau (figure 3). La colonne est alimentée en continu par un flux ascendant, à l'aide d'une pompe péristaltique branchée sur un bac rempli d'une solution aqueuse de Bleu de Méthylène. Les échantillons sont recueillis à la sortie de la colonne, à des intervalles de temps réguliers. Les concentrations de Bleu de méthylène résiduel sont déterminées par spectrophotométrie UV/Visible à la longueur d'onde 663nm.

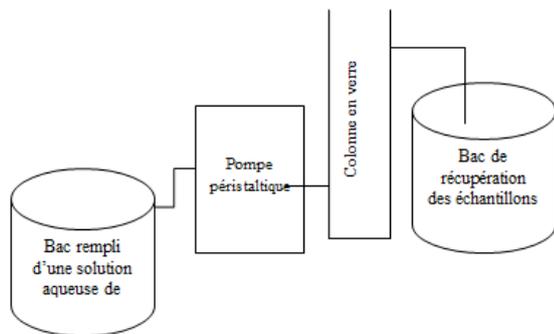


Figure 3. Schéma descriptif de l'installation des essais de biosorption en colonne

III. Résultats et discussions

Nous avons entrepris l'analyse dynamique du processus de biosorption en examinant l'effet de paramètres tels que le débit, la porosité du lit ou le compactage, la hauteur du lit et la concentration initiale du BM sur la courbe de percée. Une caractérisation du système est réalisée, en utilisant la méthode de la zone de transfert [11-14]. Cette méthode nous permet de calculer deux sortes de paramètres opératoires : les paramètres propres à la ZTM (Zone de Transfert de Matière), le temps de percée (t_p), et de saturation (t_s), la capacité fractionnaire du lit (F), la hauteur de la zone de transfert de matière (H_z) et la vitesse de déplacement de la zone de transfert de matière (U_z) et tout les autres paramètres déductibles des courbes de percée telles que : la masse de Bleu de Méthylène adsorbée (m_{ads}) entre $t=0$ et $t=t_s$, et la quantité de Bleu de Méthylène adsorbée (q_{ads}). (voir les équations I et II). La performance des colonnes d'adsorption en lit fixe est généralement décrite à travers des courbes de percée qui traduisent le profil

de concentration du soluté à la sortie du filtre en fonction du temps. L'apparition du temps de percée (temps où la concentration de Bleu de Méthylène à la sortie est égale à 5% de la concentration de la solution à traiter) ainsi que la forme de la courbe de percée sont des caractéristiques très importantes pour prédire la durée de vie d'un filtre et donc prévoir son remplacement ou sa régénération afin qu'il présente toujours la même efficacité à retenir le polluant.

II. 1. Effet du débit d'alimentation sur la courbe de percée

Le débit est l'une des caractéristiques importantes pour le traitement en continu des effluents de colorant. Les tracés des concentrations réduites en fonction du temps sont représentés sur la figure 4. Nous constatons d'après la figure 4 que la courbe de percée est plus raide au fort débit, l'augmentation de ce paramètre limite la diffusion du soluté, le biosorbât n'a pas suffisamment de temps pour diffuser dans l'ensemble de la particule de pédicelles de dattes. Les faibles débits se caractérisent par des temps de séjour importants ceci augmente le temps de contact entre le colorant BM et les pédicelles de dattes, provoquant une augmentation du volume de la solution épurée, tarde la percée de la colonne et par contre la vitesse de déplacement du front de biosorption diminue

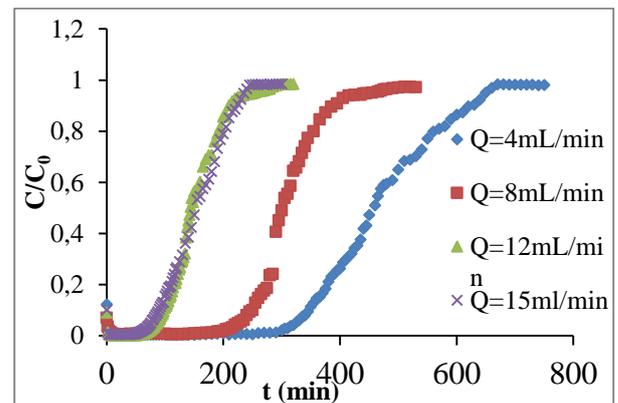


Figure 4: Effet du débit sur la courbe de percée. ($m_{lit} = 3 \text{ g}$, $d_p = [400-500] \mu\text{m}$, $Z = 5,5 \text{ cm}$, $C_o = 30 \text{ mg/L}$, $pH = 5,50$, $T = 22 \text{ }^\circ\text{C}$).

II.2. Effet de la hauteur du lit sur la courbe de percée

Pour étudier l'effet de la hauteur du lit sur la courbe de percée, les différentes masses de pédicelles de dattes choisies sont égales à 2, 3, 4 et 5g, elles correspondent respectivement aux hauteurs, 3,5, 5,5, 7,8 et 10cm et les autres

paramètres sont maintenus constants. D'après la figure 5, nous remarquons qu'aux grandes hauteurs, la percée est plus tardive, dû principalement au chemin à parcourir par le soluté, la quantité de Bleu de Méthylène biosorbée est plus importante. Nous notons aussi que l'augmentation de la hauteur du lit de 7,8 à 10cm ne semble pas avoir une grande influence sur les temps de percé et de saturation.

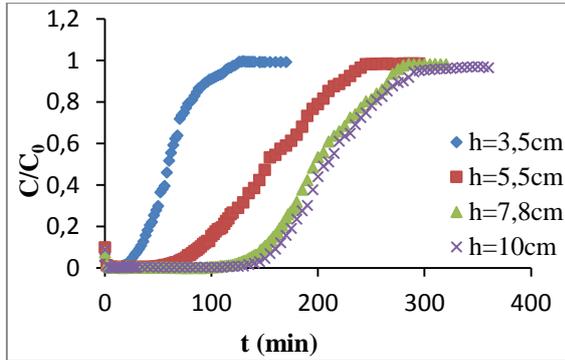


Figure 5. Effet de la hauteur de lit sur la courbe de percée. ($d_p=[400-500] \mu m$, $C_o = 30 \text{ mg/L}$, $Q=15\text{mL/min}$, $pH = 5,50$, $T = 22 \text{ }^\circ\text{C}$).

III. 3. Effet du compactage du lit sur la courbe de percée

Pour étudier l'effet du compactage du lit sur la courbe de percée, 2 g de pédocelles de dattes lavées ont été utilisés pour le remplissage de la colonne. Après chaque ajout d'un gramme, plusieurs coups sont tapés à la surface du lit à l'aide d'une barre en verre afin de compacter le matériau et d'homogénéiser le tassement.

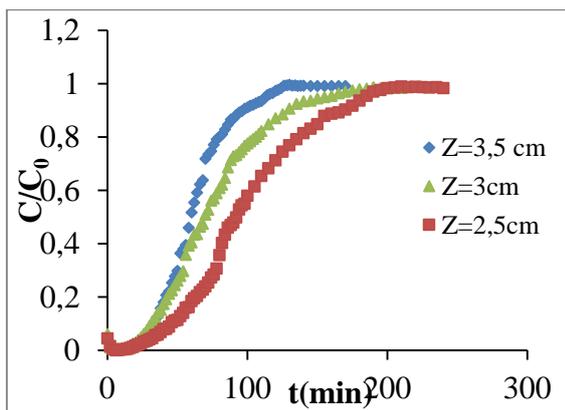


Figure 6. Effet du compactage du lit sur la courbe de percée. ($m_{li} = 2 \text{ g}$, $d_p=[400-500] \mu m$, $C_o = 30 \text{ mg/L}$, $Q=15\text{mL/min}$, $pH = 5,50$, $T = 22 \text{ }^\circ\text{C}$).

La figure 6 montre que, pour des porosités de lit plus faibles correspondant à des hauteurs de 2,5cm

et 3cm, la percée et la saturation du lit sont plus tardives, ceci semble indiquer que le tassement des grains de biomasse (diminution de la hauteur du lit) accélère le transfert par diffusion en diminuant la surface libre d'écoulement de la solution ce qui permet de diminuer la dispersion axiale.

III. 4. Effet de la concentration initiale du Bleu de Méthylène sur la courbe de percée

Pour étudier l'effet de la concentration initiale du Bleu de Méthylène sur la courbe de percée, nous avons fait varier les concentrations du Bleu de Méthylène de 10 à 40 mg/L. les autres paramètres sont maintenus constants.

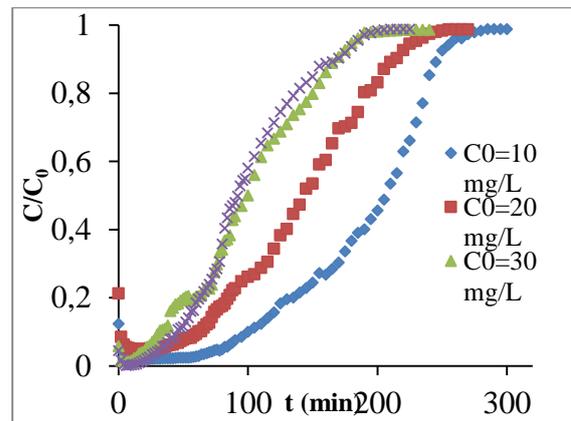


Figure 7. Effet de la concentration de Bleu de Méthylène sur la courbe de percée. ($m_{li} = 2 \text{ g}$, $d_p=[400-500] \mu m$, $Z=2,5\text{cm}$, $Q=15\text{mL/min}$, $pH = 5,50$, $T = 22 \text{ }^\circ\text{C}$).

Pour l'ensemble des concentrations étudiées, nous remarquons que les courbes de percées sont étalées avec pratiquement des pentes identiques. Les fortes concentrations accélèrent la percée et demandent un temps de saturation plus faible, ceci est dû à la présence d'un fort gradient de concentration, entre la solution et la surface de colorant et par contre on remarque une forte force motrice qui permet un déplacement très rapide du Bleu de Méthylène vers la particule de pédocelle de dattes. Pour une description quantitative et plus d'informations sur le comportement de notre système, nous avons calculé les paramètres propres (F , H_Z et U_Z), ainsi que les autres paramètres déductibles de la courbe de percée en utilisant la méthode de la zone de transfert de matière par les équations suivantes :

Avec :

m_{ads} : masse du colorant adsorbé entre les temps 0 et t_s (mg);

t_s : temps de saturation (min);

C_o : concentration initiale de la solution en colorant entrant dans la colonne (mg/L);

C_t : concentration du colorant à la sortie de la colonne (mg/L) ;

Q: débit de la solution (mL/min).

$$q_{ads} = \frac{m_{ads}}{m} \quad (II)$$

Avec :

q_{ads} : quantité du colorant adsorbé entre les temps 0 et t_s ;

m: masse d'adsorbant (masse du lit) (g).

$$F = \frac{\int_{V_P}^{V_S} (C_0 - C_t) dV}{C_0 (V_S - V_P)} \quad (III)$$

Où

F : capacité fractionnaire

V_S : correspond au volume d'effluent traité dont la concentration est égale ou supérieure à 90% de la concentration initiale ;

Tableau I. Les différents paramètres relatifs à la variation du débit.

C_0 (mg/L)	Q (mL/min)	t_p (min)	t_s (min)	Z (cm)	q_{ads} (mg/g)	F (-)	U_z (cm/min)	H_z (cm)	H_z/Z (-)
30	4	320	650	5,5	24,57	0,48	0,01	3,02	0,55
	8	225	395		18,69	0,49	0,02	3,63	0,66
	12	86	210		17,98	0,52	0,04	4,53	0,82
	15	76	225		23,6	0,52	0,04	5,54	1,01

Tableau II. Les différents paramètres relatifs à la variation de la hauteur.

C_0 (mg/L)	Q (mL/min)	t_p (min)	t_s (min)	Z (cm)	q_{ads} (mg/g)	F (-)	U_z (cm/min)	H_z (cm)	H_z/Z (-)
30	15	24	98	3,5	13,63	0,50	0,057	4,35	1,21
		76	225	5,5	23,6	0,52	0,037	5,54	1,01
		136	270	7,8	22,69	0,49	0,038	5,15	0,66
		150	280	10	19,07	0,48	0,047	6,10	0,61

Tableau III. Les différents paramètres relatifs au compactage du lit.

C ₀ (mg/L)	Q (mL/min)	t _p (min)	t _s (min)	Z (cm)	q _{ads} (mg/g)	F (-)	U _Z (cm/min)	H _Z (cm)	H _Z /Z (-)
30	15	24	98	3,5	13,63	0,50	0,057	4,35	1,21
		24	130	3	16,34	0,47	0,041	4,23	1,41
		32	170	2,5	21,95	0,46	0,025	3,53	1,45

Tableau IV. Les différents paramètres relatifs à la variation de la concentration initiale du BM.

C ₀ (mg/L)	Q (mL/min)	t _p (min)	t _s (min)	Z (cm)	q _{ads} (mg/g)	F (-)	U _Z (cm/min)	H _Z (cm)	H _Z /Z (-)
10	15	80	250	2,5	13,49	0,39	0,017	2,90	1,16
20		48	215	2,5	16,30	0,44	0,021	3,44	1,38
30		32	170	2,5	21,95	0,46	0,025	3,52	1,45
40		20	170	2,5	29,69	0,53	0,025	3,77	1,51

Les résultats obtenus nous ont permis de conclure que la biosorption est favorisée pour le plus faible débit, aux plus grandes hauteurs et porosité du lit et à la plus faible concentration initiale en BM.

IV. Conclusion

L'élimination des colorants textiles, des effluents aqueux industriels est une nécessité qui n'est plus à démontrer dans tous les secteurs. C'est dans cette optique que cette étude portant sur l'élimination du Bleu de Méthylène par adsorption sur un déchet végétale (les pédicelles de dattes) a été entreprise. L'étude de l'élimination du Bleu de Méthylène en lit fixe constitué de pédicelles de dattes a montré que, la biosorption est favorisée pour le plus faible débit (4 mL/min), aux plus grandes hauteurs, à la plus faible porosité du lit et à la plus faible concentration initiale en BM.

V. Références bibliographiques

- Nigam, P.; Armour, G.; Banat, I.; Singh, D.; Marchant, R. Physical removal of textile dye and solid state fermentation of dye adsorbed agricultural residues, *Bioresour. Technol.* 272 (2000) 219.
- Boualla, N.; Saad, F.H. ; Hadj Hassan, B.; Derrich, Z.; Benziane, A. Cinétique d'élimination du colorant

- bleu de méthylène par une boue activée, *Science Lib Editions Mersenne* . 4 (2012) 120-305
- Asfour, H.; Fadali, O.; Nassar, M.; El-Feundi, M. equilibrium studies on adsorption of basic dyes on hard wood, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 35 (1985) 21,
- Namasivayam, C.; Muniasamy, N.; Gayathri, K.; Rani, M.; Ranganathan, K. Removal of dyes from aqueous solutions by cellulosic waste orange peel, *Bioresour. Technol.* 57 (1996) 37,
- Namasivayam, C.; Kanchana, N.; Yamuna, R. Waste banana pith as adsorbent for the color removal from wastewaters, *Chemosphere* 25 (1992) 1691.
- Namasivayam, C.; Radhika, R.; Suba, S. Uptake of dyes by a promising locally available agricultural solid waste: coir pith, *Waste Manage.* 21 (2001) 381.
- Magdy, Y.; Daifullah, A. Adsorption of a basic dye from aqueous solutions onto sugar-industry mud in two modes of operations, *Waste Manage.* 18 (1998) 219.
- Juang, R.; Wu, F.; Tseng, R. Mechanism of adsorption of dyes and phenols from water using activated carbons prepared from plum kernels, *J. Colloid Interface Sci.* 227 (2000) 437,
- Belala, Z.; Jeguirim, M.; Belhachemi, M.; Addoun, F.; Trouvé, G. Biosorption of basic dye from aqueous solutions by Date Stones and Palm-Trees Waste: Kinetic, equilibrium and thermodynamic studies. *Desalination* 271 (2011) 80-87.
- Yazid, H.; Maaachi, R. Biosorption of lead (II) ions from aqueous solutions by biological activated dates

- stems, J. Environ. Sci. Technol, (2008), 1, 4, 201-213.
11. Namane, A.; Hellal, A. The dynamic adsorption characteristics of phenol by granular activated carbon, J. Hazard. Mater. B137 (2006) 618–625.
 12. Michaels, A.S. Simplified method of interpreting kinetic data in fixedbed ion exchange, Ind. Eng. Chem. 44 (1952) 1922–1930.
 13. Lukchis, G.M. Adsorption system-design by mass transfer concept, Chem. Eng. 80 (1973) 111–116.
 14. Yazid, H.; Amour, L.; Terkmani, A.; Maachi, R. Biosorption of lead from aqueous solution by biologically activated date pedicels: batch and column study. Desalination and Water Treatment, (2012) 1-10.

Please cite this Article as:

Guendouz N., Rezzaz-Yazid H., *Etude de la biosorption d'un colorant basique sur un matériau végétal en système dynamique*, *Algerian J. Env. Sc. Technology*, 2:1 (2016) 155-161