



International Journal of Natural Resources and Environment

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

ISSN 2710-8724



I
J
N
R
E

Exploitation du pouvoir épuratoire de *Penicillium spp.* : Application dans la décoloration des eaux

Sadika Haouhache¹, Abdelkader Iddou², Samia Benhammadi¹, Hakim Aguedal^{2*}, Cherifa Benzai³

¹Université des sciences et de la technologie d'Oran, Algérie,

²Laboratoire Ressources Naturelles Sahariennes. Faculté des Sciences et de la Technologie, Université Ahmed Draia Adrar, 01000 Adrar, Algérie.

³Direction : EBM. SONATRACH/IAP. Boumerdes Algérie.

* Corresponding author: hakim.aguedal@gmail.com (H. Aguedal)

Article details: Received: 05 June 2020, Revised: 15 June 2020, Accepted: 18 June 2020

Résumé:

Dans cette étude, nous avons valoriser un déchet, issu d'une station de traitement d'effluent d'un complexe laitier, dans l'épuration des eaux. L'isolement d'une moisissure a été effectué et sa culture réalisée sur un milieu adéquat. L'utilisation a concerné l'application de cette biomasse dans le traitement des eaux contaminées par un colorant industriel. L'espèce isolée et purifiée est caractérisée comme étant *Penicillium spp.* L'étude de l'élimination du colorant a montré l'efficacité de la biomasse. Les résultats obtenus en utilisant la biomasse cultivée brute et après lavage, a donné des capacités d'élimination de l'ordre de 74 et 114 mg/g à 40°C. Ces capacités tendent à diminuer quand la température diminue. C'est ainsi que des valeurs de l'ordre de 63 et 87 mg/g sont enregistrées à 25°C respectivement pour les deux matériaux.

Cette étude a révélé l'affinité de la biomasse vis-à-vis du colorant, ce qui laisse prévoir une application dans le domaine de traitement des eaux usées industrielles.

Mots clés : *Penicillium spp* ; Eau usée ; Colorants ; Isotherme d'adsorption.

Abstract:

In this study, we valorized a waste product from waste effluent treatment plant of dairy complex. A mold was isolated and cultured on a suitable medium. The use involved the application of this biomass in the treatment of contaminated water by an industrial dye. The isolated and purified species is characterized as *Penicillium spp.* The study of dye removal shown a high efficiency of the biomass used. Removal capacities obtained were in the order of 74 and 114mg/g at 40°C registered respectively by raw cultivated and washed biomass. These capacities tend to decrease when the temperature decreases. Thus, values in order of 63 and 87mg/g are recorded at 25°C respectively for the two materials.

This study revealed the affinity of the biomass for the dye, which suggests an application in the field of industrial wastewater treatment.

Keywords: *Penicillium spp*; Wastewater; Dyes; Adsorption isotherm.

1. Introduction

La sauvegarde de notre patrimoine hydrique et d'autant plus complexe que les sources de pollution. Qu'elle soit d'origine naturelle, industrielle ou agricole, la pollution des eaux présente de grave répercussion sur notre environnement et sur l'équilibre de nos écosystèmes.

La pollution chimique est essentiellement due aux métaux lourds et micropolluants, mais il existe une autre forme de pollution chimique des eaux qu'on a tendance à ignorer et, qui a pour origine les rejets organiques des industries textiles qui utilisent des colorants de synthèse. Ces derniers sont toxiques et polluent l'environnement dans lequel ils sont rejetés. Pour parer à ces problèmes de pollution, un grand intérêt et beaucoup d'espoir reposent sur les techniques biotechnologiques. Les plus mises en œuvre ces dernières années, celles notamment qui font appel à l'utilisation des moisissures comme agent de contrôle biologique de certains polluants de l'environnement particulièrement les métaux lourds (Fourest et al., 1994) et les colorants (Sautel et al., 1991). Ces espèces biologiques, possèdent des propriétés d'adsorption intéressantes liées à la composition de leurs parois, et constituent une biomasse bon marché qui peut être valorisées par son utilisation dans les procédés biologique (Milande et al., 1993).

Le travail présenté, porte sur l'étude de la biosorption d'un colorant textile (F3GL : Rouge écarlate nylosane) employé dans la teinture des tissus dans l'industrie algérienne. Le support biosorbant exploité dans cette étude est une moisissure isolée d'une boue de station d'épuration des eaux usées d'une laiterie.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Origine du matériau biologique

Notre travail est basé sur l'utilisation d'un matériau d'origine biologique. Il s'agit d'une boue de station d'épuration du complexe laitier de Sidi Bel Abbès. Le procédé d'épuration, des eaux usées du complexe, installé dans la station d'épuration est un procédé biologique basé sur le principe des boues activées (cultures libres). Les matières organiques contenues dans les eaux usées sont dégradées par des micro-organismes mis dans des conditions favorables à la vie de reproduction et qui les transforment en divers métabolites. Les micro-organismes agglomérés sous forme de flocons, sont maintenus en suspension dans les bassins de manière à être en contact intime et permanent avec les matières à dégrader.

La boue a été récolté à partir de plusieurs points des lits de séchage sans aucune précaution particulière. La boue ainsi ramassée est placée dans des boîtes stériles en plastique.

2.2. Purification, isolement et identification d'une espèce fongique

2.2.1. Préparation d'une suspension de boue

Toutes les manipulations microbiologiques sont réalisées dans des conditions d'asepsie avec l'appoint d'un bec bunsen. Pour les analyses, il est nécessaire de faire passer en solution toutes les composantes de la boue. Pour cela, 25g de boue, sont macérés dans 225ml du milieu T.S.E (Tryptone Sel Eau). Le surnageant est ensuite récupéré pour les différentes analyses.

2.2.2. *Analyse mycologique de la boue*

Pour favoriser la croissance des moisissures, nous avons utilisé le milieu O.G.A. (Oxytetracycline Glucose Agar). Cette recherche nécessite la préparation de trois boîtes de pétri. Entre deux becs bunsen, on coule le flacon d'OGA préalablement fondu puis refroidi à 45°C. Après solidification de la gélose, on homogénéise la solution mère (suspension), puis on effectue un prélèvement de quelques gouttes qu'on place à la surface de la gélose de deux boîtes en laissant une boîte témoin. L'ensemencement est réalisé par étalement de l'inoculum. Le tout, est incubé à une température de 25°C pendant 5 jours. L'opération est répétée en triplicata.

La première lecture est effectuée sur les boîtes témoins, qui nous a indiqué l'absence de toute contamination. Sur les quatre boîtes restantes, nous avons noté le développement des levures, bactéries et moisissures.

2.2.3. *Isolement des moisissures*

L'isolement est réalisé dans des conditions judicieusement choisies, pour permettre l'expression la plus complète des moisissures recherchées. La plupart de ces moisissures requièrent pour leur développement de l'oxygène et se développent dans des milieux acides, et généralement des températures comprises entre 20 et 25°C. Nous avons procédé à des ensemencements sur une série de boîtes de pétri en utilisant le milieu OGA. Avec toujours une boîte témoin, et l'expérience est répétée en triplicata.

Les cultures formées sont exemptes de colonies bactériennes. Nous avons noté l'apparition de plusieurs espèces fongiques caractérisées par leur couleur, Nous avons choisi une de couleur blanchâtre qui tend à devenir verte au cours du temps. L'espèce choisie a été purifiée puis identifiée.

2.2.4. *Purification*

Elle va nous permettre d'isoler l'espèce fongique. Pour cela nous avons utilisé, à chaque fois, une série de boîtes de pétri contenant le milieu O.G.A. Pour la technique, il suffit de prélever sous la loupe un fragment mycélien de l'espèce révélée, qu'on transfère dans les boîtes préalablement préparées.

2.2.5. *Identification taxonomique de l'espèce par microscopie optique*

L'identification morphologique est réalisée par observation microscopique des lames préparées selon « la technique du drapeau » de Roth. Un petit morceau de papier adhésif transparent est accroché sur la pointe d'une pipette Pasteur. Sa face adhésive est déposée sur la surface de la colonie fongique en culture en boîte de Pétri. Ce contact permet de prélever du mycélium et des spores. La face adhésive du papier est ensuite appliquée sur une lame. Pour augmenter le contraste, une goutte de colorant (du bleu coton par exemple) peut être déposée sur la lame juste avant d'y accoler le papier adhésif (Sallenave et al., 2000). L'observation microscopique est ensuite effectuée.

2.3. **Préparation de la biomasse inhibée**

La biomasse fongique isolée a été cultivée dans un bouillon nutritif de base (BN) à 25°C pendant une période allant jusqu'à 10 jours, sous agitation. Nous avons ensuite, filtré la biomasse produite. Une partie est lavée plusieurs fois avec de l'eau distillée. La biomasse est ensuite séchée à 80°C pendant 24 heures. Le matériau séché est ensuite broyé, puis tamisé en utilisant un maillage à 250µm. Les matériaux obtenus sont notés : P pour le matériau non lavé, PL pour le matériau lavé.

2.4. Préparation des solutions

Les solutions, que nous avons utilisé, ont été préparées à partir de la poudre du colorant industriel F3GL. Nous avons préparé une solution mère à 500mg/L, ensuite nous avons procédé à des dilutions successives afin d'obtenir des solutions filles à différentes concentrations.

3. Résultats et Discussions

3.1. Identification macroscopique

L'espèce isolée est caractérisée par une couleur vert-pale qui tend à devenir vert-foncé avec le temps. Les colonies sont aussi caractérisées par un aspect poudreux (Photo 1).

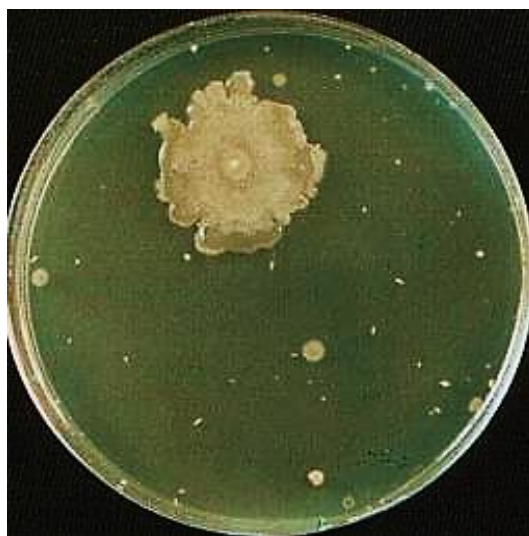


Photo 1. Aspect macroscopique de la moisissure isolée.

3.2. Identification microscopique

Théoriquement, on prend en considération les caractères suivants :

- La forme du mycélium, présence ou absence de cloisons,
- Couleur et mode de ramification ;
- La forme des spores ;
- La morphologie générale du champignon.

L'observation sous le microscope a révélé la présence d'un mycélium cloisonné avec des conidiophores lisses ramifiés, sur lequel sont portés les phialides portant des conidies disposées en longues colonnes irrégulières sus-globuleuses (Photo 2).

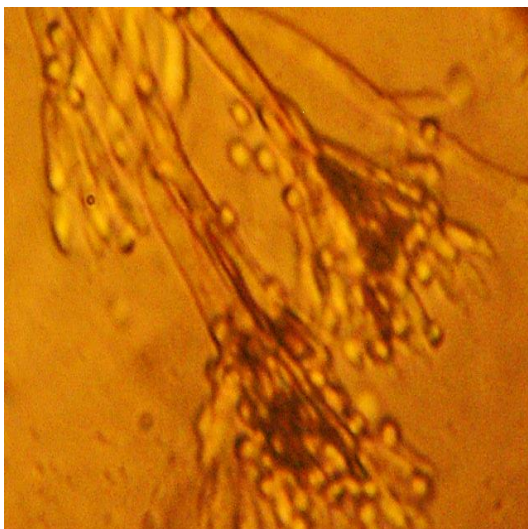


Photo 2. Aspect microscopique de la moisissure isolée.

D'après ces résultats et ces observations, et comparés à la littérature, nous pouvons dire que la moisissure isolée appartient au genre appelé *Penicillium*.

L'espèce n'étant pas identifiée, nous annoterons la moisissure : *Penicillium spp.*

3.3. Effet de la concentration initiale sur la biosorption du colorant

D'après le tracé de la variation du taux d'élimination en fonction de la concentration initiale (Figure 01), on voit bien que les meilleurs résultats sont obtenus avec le matériau PL qui présente une grande affinité vers le colorant considéré.

Par ailleurs, on remarque que pour les deux matériaux l'affinité envers le colorant diminue quand la concentration de ce dernier augmente.

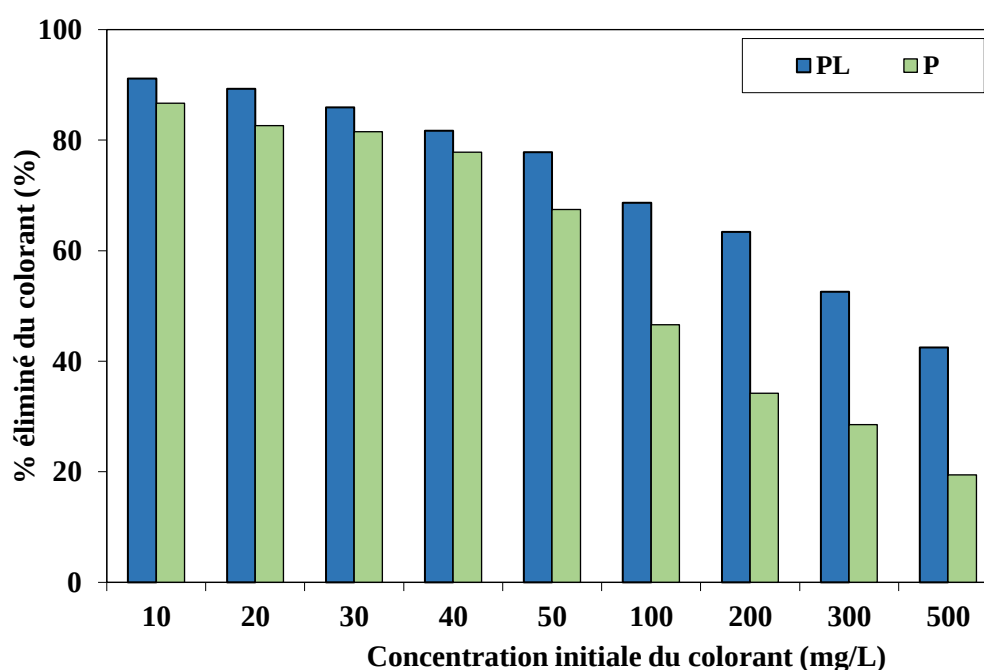


Fig. 1. Effet de la concentration initiale du colorant sur l'efficacité de *Penicillium*.

3.4. Effet du pH sur la cinétique de biosorption du colorant

La variation du rapport x/m (mg/g) en fonction du temps de contact a donné des courbes qui sont pratiquement confondues (Figure 2). Mais on note, quand on change d'échelle qu'il y'a une légère influence du pH et une affinité du matériau vers les pH élevés, ce qui est en accord avec la littérature (Kapoor et al., 1999).

Ce qui pourrait influencer le mécanisme d'adsorption de ces derniers sur les matrices biologiques ce sont les groupements fonctionnels qui agissent aussi en fonction du pH des solutions dans lesquelles elles se trouvent. Cependant d'après la littérature les informations sur l'influence du pH sur la biosorption des colorants reste tout de même limitée. C'est ainsi que l'influence du pH sur les capacités de fixation des colorants par des biomasses fongiques a été étudiée. Il a été mis en évidence que plus le pH augmente et plus la capacité maximale à lier le colorant augmente (Schiewer, 1995 ; Kapoor et al., 1999). Par ailleurs, Belsare et Prasad, 1988 ; ont montré que le pH optimal d'adsorption est compris entre 4 et 5, dans le cas de l'utilisation des moisissures blanches, algues et *Aspergillus niger*. Par contre, Aksu et Tezer (2000) et Aksu et Tezer (2005) ont limité le pH à 2 pour l'élimination des différents colorants par des biomasse fongique.

Dans notre cas, il semble que la capacité de rétention de la biomasse fongique vis-à-vis du colorant présente une légère influence du pH avec une affinité du matériau vers les pH élevés.

3.5. Effet de la concentration initiale sur la cinétique de biosorption du colorant

Les résultats de l'influence de la concentration initiale du colorant sont représentés sur la Figure 3. La variation du rapport x/m (mg/g) en fonction du temps de contact a donné des courbes qui sont pratiquement confondues. On note, quand on change d'échelle, qu'il y'a une légère influence de la concentration initiale. La cinétique de fixation du colorant F3GL par le matériau P, montre la rapidité du phénomène d'adsorption. L'équilibre est presque instantanément atteint, particulièrement pour les faibles concentrations. Ceci peut être expliqué par une grande accessibilité des sites d'adsorption existants dans les matériaux. Les mêmes résultats ont été obtenus par Ozdemir et al., 2004, pour l'adsorption du colorant réactif rouge 293 sur la zéolite.

3.6. Isothermes de biosorption du colorant

Le tracé des isothermes d'adsorption, à 25°C, du colorant sur les matrices P et PL, montre que les isothermes sont de type I, ce qui nous permet d'appliquer les modèles d'adsorption de Langmuir et de Freundlich, exprimant une adsorption en monocouche et une adsorption en multicouche respectivement.

L'application de nos résultats aux modèles d'adsorption de Freundlich (Figure 4 a) et de Langmuir (Figure 4 b), nous permet de constater une bonne adéquation. Cela s'est traduit par des coefficients de régression compris entre 0,94 et 0,99 pour les deux modèles considérés. Les capacités maximales d'adsorption enregistrées, selon Langmuir, atteignent 86,9mg/g dans le cas de PL.

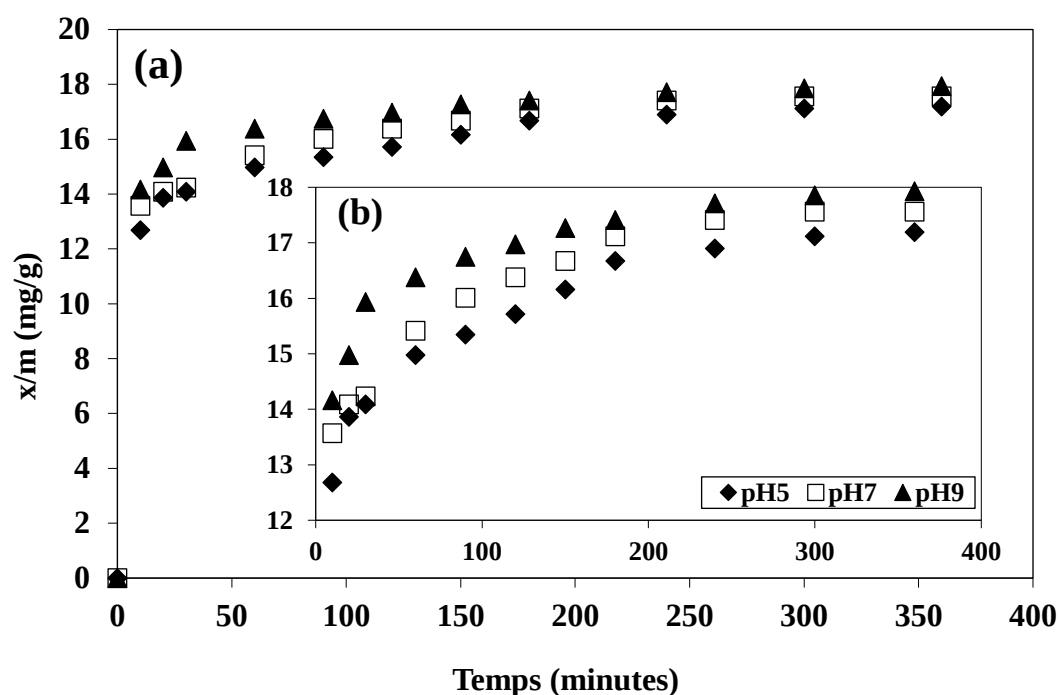


Fig. 2. Influence du pH sur la cinétique d'élimination du colorant par le matériau P.

Pour la suite de notre travail, nous avons choisi un temps de 120 minutes, temps jugé largement suffisant où l'influence de la concentration initiale n'est pas apparente.

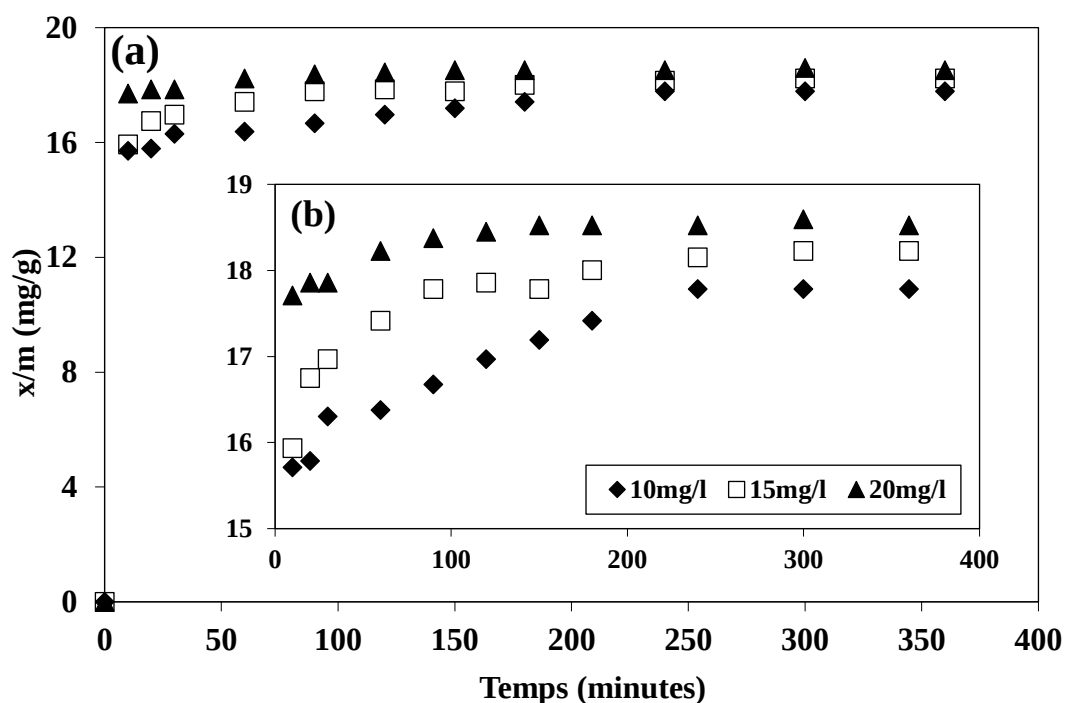


Fig. 3. Influence de la concentration initiale sur la cinétique d'élimination du colorant.

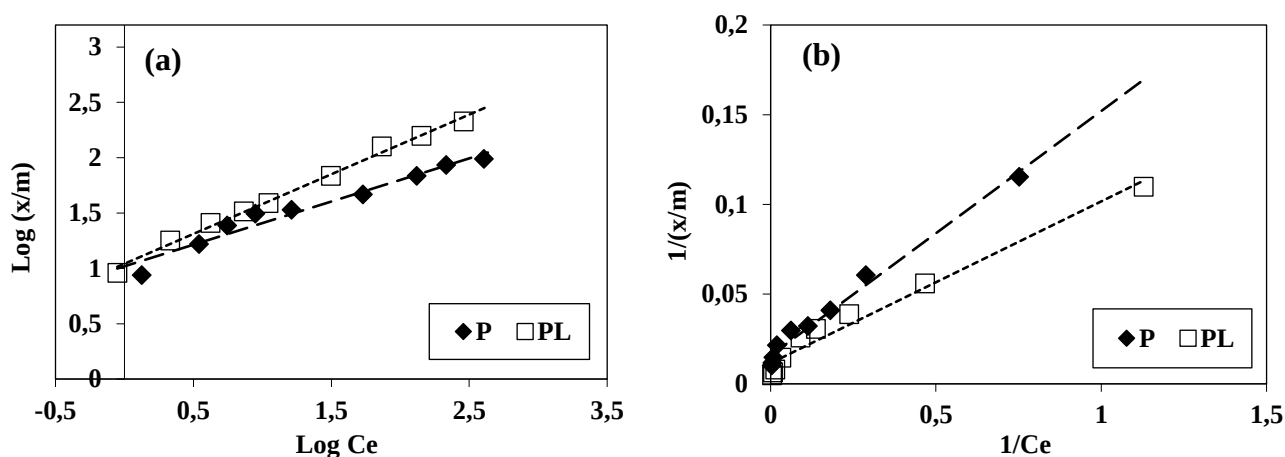


Fig. 4. Isotherme d'adsorption du colorant à 25°C (a) selon Freundlich et (b) selon Langmuir.

Le tracé de la variation de x/m en fonction de la concentration initiale à 30°C, donne une isotherme avec une allure similaire à celle obtenue à 25°C. L'adéquation de nos résultats aux deux modèles d'adsorption de Freundlich (Figure 5 a) et de Langmuir (Figure 5 b), est mise en évidence par les coefficients de régression qui varient entre 0,92 et 0,98. Les capacités d'adsorption obtenues à cette température, sont de 66,6 et 107,52mg/g, respectivement pour P et PL.

Les mêmes constatations peuvent être faites dans le cas de l'établissement des isothermes à 40°C. L'application des modèles de Freundlich (Figure 6 a) et de Langmuir (Figure 6 b) donnent des coefficients de régression de 0,98 et 0,97 respectivement pour les deux modèles. Les capacités maximales d'adsorption de 74,6 et 114,9mg/g, sont obtenues respectivement pour les matériaux P et PL.

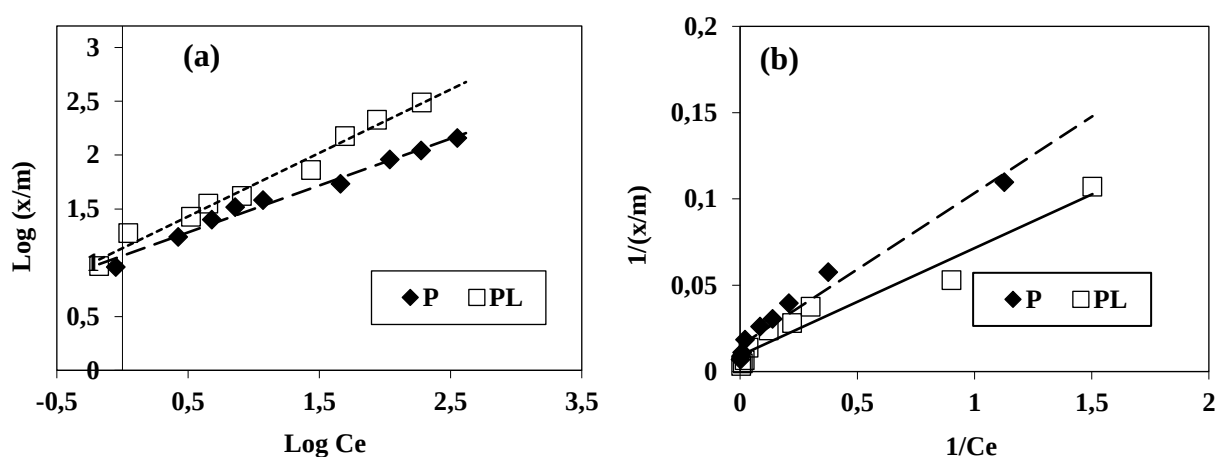


Fig. 5. Isotherme d'adsorption à 30°C (a) selon Freundlich (b) selon Langmuir.

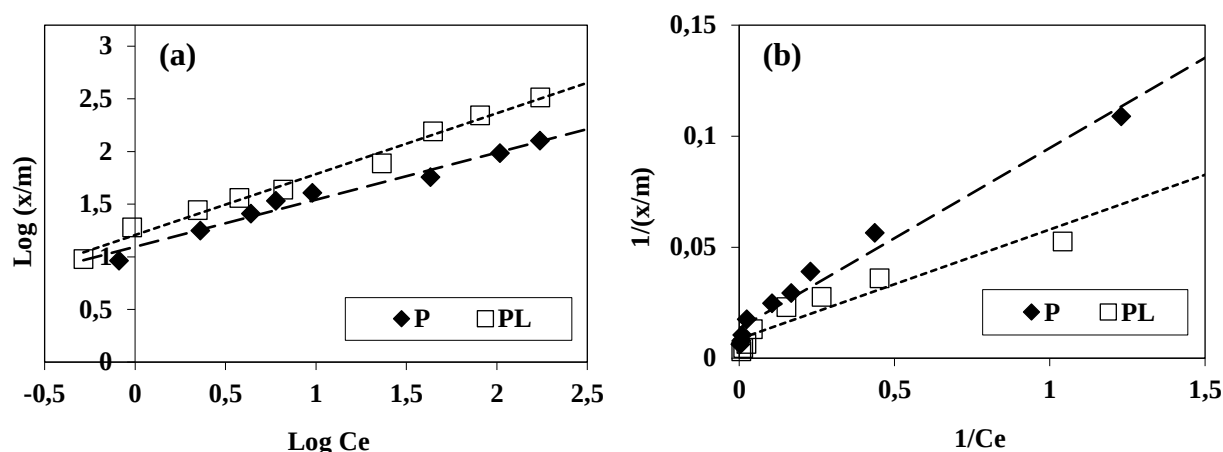


Fig. 6. Isotherme d'adsorption à 40°C (a) selon Freundlich (b) selon Langmuir.

Tableau. 1. Récapitulation des paramètres de Langmuir et de Freundlich.

Température (°C)		Paramètres de Freundlich			Paramètres de Langmuir	
		R ²	n	k	R ²	Q _{max} (mg/g)
P	25	0,96	2,56	10,47	0,98	63,29
	30	0,98	0,94	2,73	0,96	66,67
	40	0,98	2,24	12,45	0,97	74,63
PL	25	0,99	1,85	11,01	0,97	86,95
	30	0,98	1,69	13,63	0,95	107,52
	40	0,98	1,73	16,10	0,97	114,94

4. Conclusion

Les boues biologiques provenant de la station d'épuration du complexe laitier de Sidi Bel Abbès ont été utilisées avec succès dans l'adsorption d'un colorant industriel le Rouge écarlate nylosane noté « F3GL ». Les résultats d'adsorption montrent que la concentration initiale de la solution a joué un rôle important en affectant les capacités d'adsorption sur les deux matériaux. L'effet du pH a révélé une affinité des biomasses fongiques vers les pH élevés, ce qui corrobore parfaitement avec la littérature. Quant à la cinétique d'adsorption, le temps nécessaire pour atteindre l'équilibre est de 60 minutes, permettant de prédire l'efficacité des deux matériaux et donc utilisation dans l'épuration des effluents colorés.

On peut conclure que les boues des stations d'épuration ont, sans aucun doute, le potentiel d'éliminer rapidement et efficacement les colorants réactifs. De plus, ce procédé d'adsorption pourrait être adopté comme une approche rentable et efficace pour la décoloration des effluents et il peut être une alternative à des matériaux plus coûteux tels que le charbon actif.

Remerciements

Les auteurs souhaitent dédier ce travail au Professeur feu OUALI Mohand Said, de l'université Abdelhamid Ibn Badis de Mostaganem (Algérie), qu'il repose en paix.

Références

- Aksu Z, Tezer S** (2000). Equilibrium and kinetic modelling of biosorption of Remazol black B by *R. arrhizus* in a batch system: effect of temperature. *Process Biochem*, vol 36, pp 431.
- Aksu Z, Tezer S** (2005). Biosorption of reactive dyes on the green alga *Chorella vulgaris*. *Process Biochemistry*, vol 40, pp1347.
- Belsare D K, Prasad DY** (1988). Decolorization of effluent from the bagasse-based pulp mills by white-rot fungus, *Schizophyllum commune*. *Appl Microbiol Biotechnol*, vol 28, pp 301–304.
- Fourest E, Canal C, Roux JC** (1994). Improvement of heavy metal biosorption by mecelial dead biomass (*Rhizopus arrhizus*, *Mucor miehei* and *Penicillium chrysogenum*): pH control and cationic activation. *FEMS Microbiology reviews*, vol 14, pp 325
- Han R, Li H, Li Y, Zhang J, Xiao H, Shi J** (2006). Biosorption of cooper and lead ions by waste beer yeast. *Hazardous Materials*, vol 11 pp 253.
- Kapoor A, Viraraghavan T, Cullimore D R** (1999). Removal of heavy metals using the fungus *Aspergillus niger*. *Bioresour. Technol.*, vol 70, num 1, pp 95-104.
- Milande N, Roux J C, Fourest, E** (1993). Improvement of heavy metal from industrial wastes by filamentous fungi. *Récents Progrès en Génie des Procédés*, vol 25 pp 19.
- Ozdemir O, Armagan B, Turan M, Çelik M S** (2004). Comparison of the adsorption characteristics of azo-reactive dyes on mezoporous minerals. *Dyes and Pigments*, vol 62, num 1, pp 49-60.
- Sallenave-Namont C, Pouchus Y F, Robiou Du Pont T, Lassus P, Verbist J.F** (2000). Toxicogenic saprophytic fungi in marine shellfish farming areas, *Mycopathologia*, vol 149, num 1, pp 21-25.
- Sautel G, Roulph C, Leclerc P** (1991). Cadmium biofixation by *Pseudomonas putida* Bacteria. *Récent. Prog. en Génie Procédés*, vol 5, pp 203 – 208.
- Schiewer S, Volesky B** (1995). Modeling of the Proton-Metal Ion Exchange in Biosorption. *Environmental Science & Technology*, vol 29, num 12, pp 3049–3058.