

TREATMENT OF TEXTILE WASTEWATER USING A CONTINUOUS FLOW ACTIVATED SLUDGE SYSTEM AT PILOT-SCALE

TRAITEMENT DES EAUX USEES DE L'INDUSTRIE TEXTILE PAR UN SYSTEME A BOUES ACTIVEES EN ALIMENTATION CONTINUE A L'ECHELLE PILOTE

M.A. Aboulhassan^{1*}, S. Souabi², H. El Ouarghi¹, M.A. Bahlaoui²

¹ *Université Mohamed premier, ENSA, Unité de recherche
« Gestion de l'eau et de l'environnement G2E », BP03 Ajdir,
Sidi Bouaffif, Al Hoceima, Maroc*

² *Universié Hassan II, FST, Département génie des procédés
et environnement, BP 146, Mohammedia, Maroc*

*Corresponding author: a.aboulhassan@gmail.com

Received: August, 01, 2014

Accepted: September, 26, 2014

Abstract: Textile industry wastewaters contain high concentrations of organic matter, toxic substances and dyes and pigments, and are harmful to receiving environment. Activated sludge system at pilot scale with continuous feeding, was used for the treatment of a dyeing unit effluent. The results showed that treatment allows a removal rate of 40-56 % of chemical oxygen demand (COD), and 13 to 30 % of color. The adsorption on sludge appears to be the main process responsible for the color removal of wastewater generated by textile industry.

Keywords: *activated sludge, color removal, textile wastewater*

INTRODUCTION

L'industrie de textile consomme des quantités considérables en eau dans ces procédés de fabrication. Considérant le volume et la composition des effluents, les rejets des eaux usées de l'industrie de textile sont considérés comme les plus polluants parmi tous les secteurs industriels [1]. Ces émissions ont un impact environnemental important et nécessitent un traitement préalable avant leur évacuation dans le milieu naturel [2-5]. Les eaux usées générées par ces activités industrielles, en particulier celles provenant des opérations de teinture, d'impression et de finition, sont difficiles à traiter. Ceci est dû à leurs importantes teneurs en polluants tel que les colorants, les surfactants, les métaux lourds, les détergents, les solvants et les composés récalcitrants, souvent toxiques pour la biomasse [6-10].

Les méthodes conventionnelles de traitement des eaux usées de l'industrie textile sont principalement physico-chimiques ou biologiques. Les méthodes de traitement biologiques peuvent complètement minéraliser les polluants et sont souvent moins coûteuses [11-13]. L'utilisation de traitement biologique pour le traitement des rejets de l'industrie de textile constitue une méthode attractive et offre beaucoup d'avantages. Le processus est relativement moins cher, les frais de mise en œuvre sont moindres et les produits finaux de la minéralisation complète ne sont pas toxiques.

Un processus à boues activées a été développé pour l'élimination de méthyle violet et rhodamine B, en utilisant des microorganismes isolés du fumier du bétail [14]. Aussi en biofilms, une biodégradation efficace de l'acide orange 7 a été démontrée [15-16]. Le disque biologique a été également testé pour la biodégradation des colorants azoïques [17].

Cette étude a pour objet le traitement d'un rejet industriel de textile en utilisant un système pilote de traitement biologique des eaux usées à boues activées au niveau laboratoire. L'efficacité de l'élimination de la matière organique et de la couleur par ce système a été évaluée.

MATERIEL ET METHODES

Caractéristiques des eaux usées

L'effluent testé est constitué par les eaux usées réelles issues d'une unité industrielle de textile. Le tableau 1 donne les principales caractéristiques des eaux usées brutes.

Tableau 1. Caractéristiques physicochimiques des eaux usées brutes

Paramètre	Concentration
pH	11,6
Conductivité [$\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$]	22,5
Turbidité [NTU]	48,55
DCO [$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$]	2430
DBO5 [$\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$]	970
Absorbance à 436 nm	0,997
Absorbance à 525 nm	1,985
Absorbance à 620 nm	0,956

Montage expérimental

Le système pilote de traitement biologique à boues activées est de type BIO KONTROLL mark 2 conçu par la société I.S.Co. (Milan, Italie) pour les tests de contrôle des eaux usées et de recherche (Figure 1).

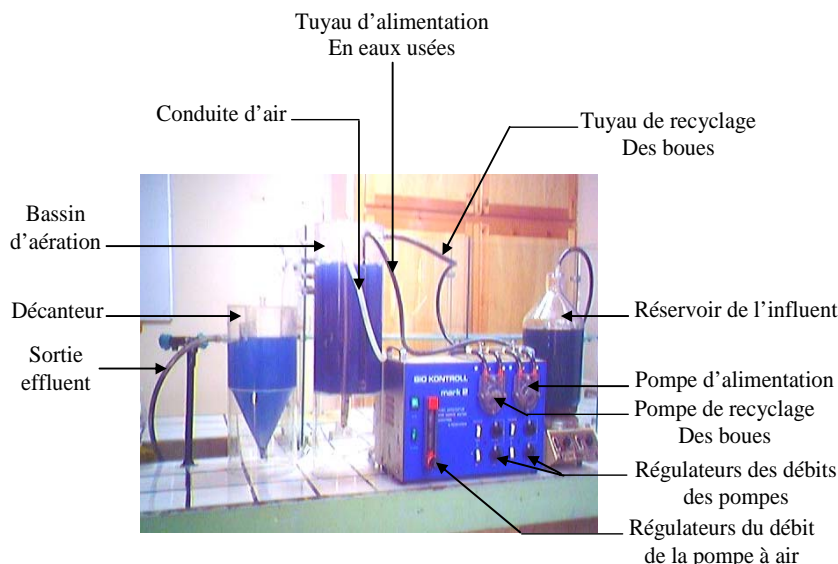


Figure 1. Pilote de traitement biologique à boues activées

Le système est constitué de:

- Un bassin d'aération cylindrique en plexiglas avec quatre sorties d'air à la base. L'air sert pour l'aération et l'agitation de réacteur. Le bassin est muni de quatre sorties d'eau permettant ainsi de travailler avec des volumes allant de 6 à 9 litres.
- Un décanteur en plexiglas constitué d'une base conique et d'un corps cylindrique. Le volume de clarificateur est de 6 litres.
- Un réservoir d'alimentation en eaux usées de 5 litres de volume.
- Deux pompes à débit réglable pour l'alimentation du réacteur en eaux usées et pour le recyclage des boues à partir du décanteur.
- Une pompe à air à débit réglable.

Ensemencement du réacteur

Les boues activées utilisées pour l'ensemencement ont été prélevées à partir d'une station communale de traitement des eaux usées à boues activées. Les boues sont acclimatées aux eaux usées de l'industrie de textile par culture de microorganismes dans l'effluent dilué pendant plusieurs jours. Les cultures pré adaptées sont utilisées pour l'ensemencement du réacteur biologique.

Prélèvement, préparation et analyse des échantillons

Des prélèvements journaliers au niveau du bassin d'aération et à la sortie du décanteur ont été effectués. Les paramètres pH , température, conductivité, DCO (échantillons décantés) et germes totaux ont été déterminés selon des méthodes normalisées [18].

Avant la mesure de la couleur, l'échantillon est filtré sur une membrane en fibre de verre de $0,45\ \mu m$ de diamètre de pores pour éliminer les matières en suspension. Comme l'effluent réel est susceptible de contenir différentes sortes de colorants et de pigments (selon la production), la méthode traditionnelle qui applique l'absorbance à la longueur d'onde d'absorption maximale n'est plus utilisable. La couleur est déterminée en mesurant les absorbances aux trois longueurs d'ondes 436, 525 et 620 nm et la couleur correspond à la somme de ces absorbances [19]. La mesure de l'absorbance est effectuée en utilisant un spectrophotomètre UV/Visible, Model 7800 UV/VIS spectrophotometer.

RESULTATS

Un effluent réel, constitué par les eaux usées d'une unité de teinturerie, a été testé pour évaluer la capacité de procédé à boues activées dans l'élimination de la matière organique et de la couleur des rejets industriels de textile. L'effluent de teinturerie, dont les caractéristiques sont présentées sur le Tableau 1, est laissé décanter pendant 48 heures et son pH est préalablement ajusté à une valeur proche de neutralité. L'alimentation et l'aération de réacteur ont été réalisées en mode continu, avec un débit des eaux usées de $Q_l = 0,25\ L\cdot h^{-1}$, un débit d'aération de $Q_a = 4\ L\cdot h^{-1}$ et un taux de recyclage des boues dans le bassin d'aération de 50 %.

Le suivi de la température et des concentrations en oxygène dissous et en biomasse dans le bassin d'aération (Figure 2), montre que ces paramètres varient avec le temps.

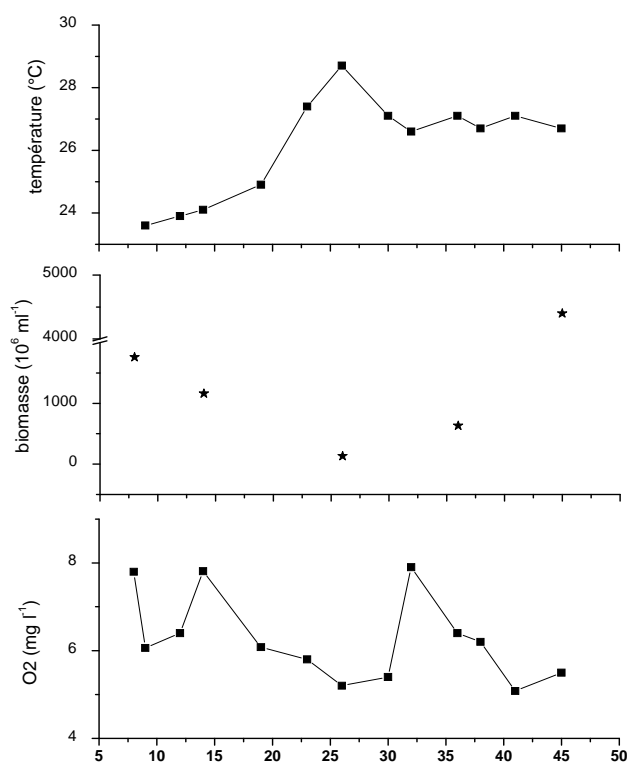


Figure 2. Evolution des paramètres température, oxygène et concentration en biomasse dans le bassin d'aération au cours du temps

L'évolution du pH des eaux usées (Figure 3) montre que le pH augmente au cours de traitement et enregistre des valeurs qui se situent entre 9 et 9,25 dans le bassin d'aération et entre 8 et 9 dans l'effluent. Le pH de l'influent est ajusté au préalable et varie entre 7 et 7,5. Cette augmentation du pH des eaux usées au cours de traitement peut être due à l'oxydation de la matière organique présente dans le milieu par la biomasse.

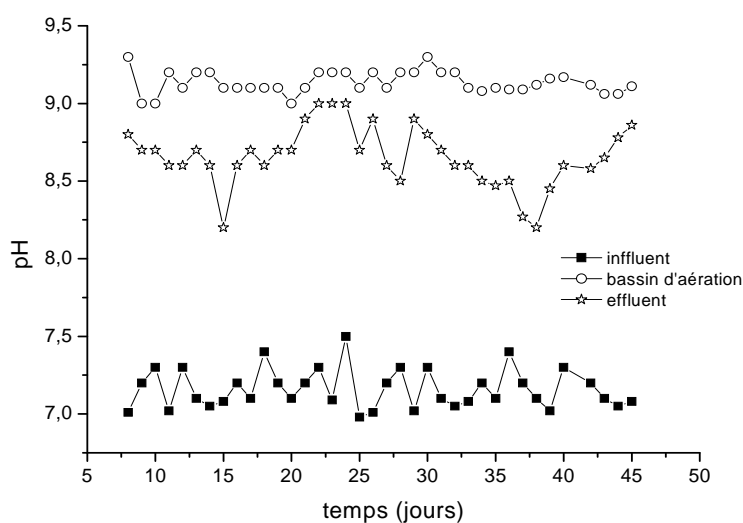


Figure 3. Evolution du pH des eaux usées de l'influent, de bassin d'aération au cours du temps

La Figure 4 montre l'élimination de la DCO des eaux usées au cours du temps d'incubation. A partir d'une concentration initiale en DCO de 2450 mg L^{-1} , le procédé permet de réduire cette concentration à une valeur qui se situe entre 1000 et 1500 mg L^{-1} dans l'effluent à la sortie de décanteur, soit une réduction de 40 à 56 % de la DCO.

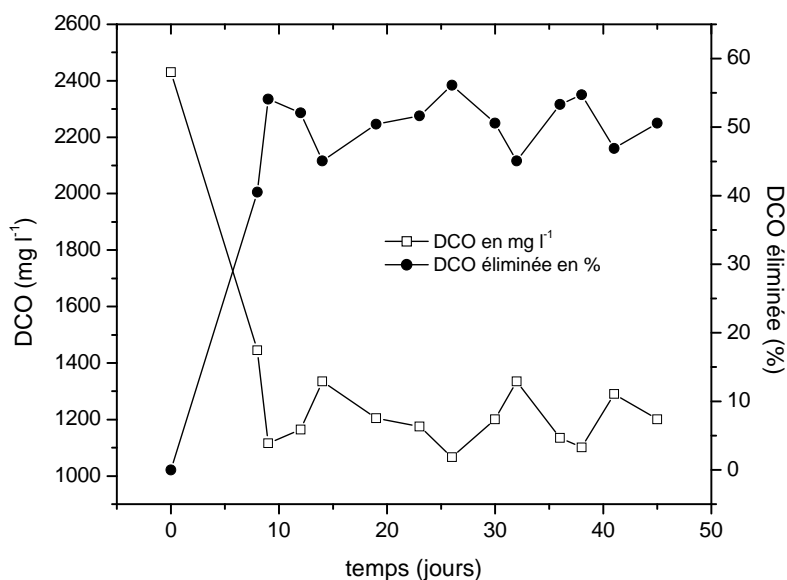


Figure 4. Elimination de la DCO de l'effluent au cours du temps

L'étude de l'élimination de la coloration des eaux usées de teinturerie (Figure 5) montre que le taux d'élimination fluctue au cours du temps. Le rendement d'élimination de la coloration par les boues activées varie entre 13 et 30 %.

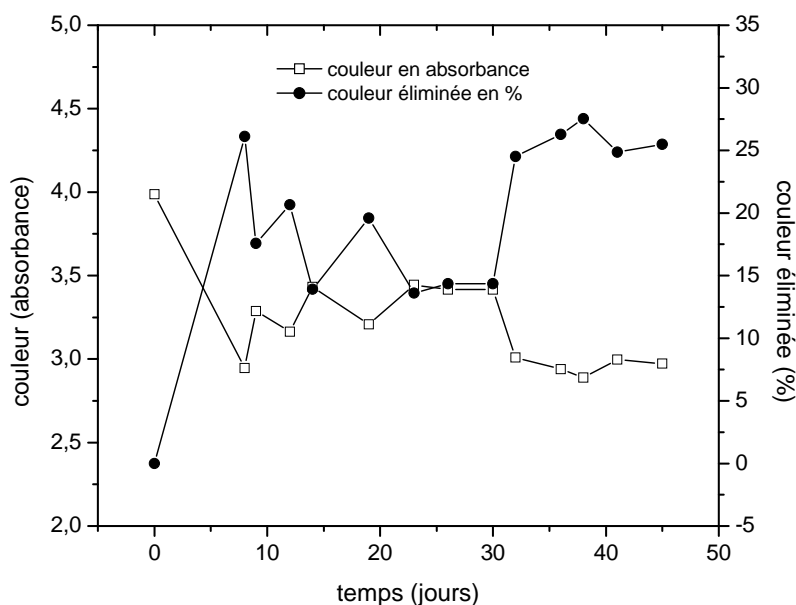


Figure 5. Elimination de la couleur de l'effluent au cours du temps

DISCUSSION

Les résultats de traitement des eaux usées de l'industrie de textile par le procédé biologique à boues activées montrent que le pH des eaux usées augmente avec le traitement. Ceci peut être dû à l'oxydation de certains acides organiques présents dans le milieu et à la libération de CO_2 qui réagit avec des composés basiques pour former des carbonates et des bicarbonates [20]. Ces derniers font augmenter le pH des eaux usées traitées.

Les tests ont révélé que le taux d'élimination de la DCO des eaux usées varie entre 40 et 56 %, alors que le rendement d'élimination de la coloration se situe entre 13 et 30 %. Ces résultats sont en concordance avec des travaux de recherche antérieurs. En employant différentes méthodes de traitement biologiques à boues activées des rejets de l'industrie de textile, les pourcentages d'élimination de la DCO et de la couleur varient entre 40 et 50 % et entre 15 et 30 %, respectivement [21-23]. L'efficacité d'un tel système est liée à la fois à ses caractéristiques hydrodynamiques, à la conception de l'équipement et à la communauté microbienne opérant à l'intérieur du réacteur [24-26].

Shaul et al. (1987) [27] ont mené une étude qui a montré que l'adsorption sur les boues est le premier mécanisme d'élimination des colorants dans les systèmes de traitement biologiques, et que des facteurs inhibant le passage des colorants à travers les membranes de cellules bactériennes réduisent l'efficacité de la dégradation biologique. Ainsi, les taux de décolorations obtenues, peuvent s'expliquer par le fait que les colorants contenus dans l'effluent de teinturerie résistent à la biodégradation et que leur élimination est due principalement à leur adsorption sur les boues. Zhou et Zimmerman (1993) [28] ont utilisé les actinomycètes comme adsorbant pour la décoloration des effluents contenant des colorants de type anthraquinones, phalocyanines et azoïques. Par ailleurs, les résultats de suivi de la couleur et de la biomasse montrent une corrélation positive entre la couleur éliminée et la concentration de la biomasse dans le bassin d'aération avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,94$ (Figure 6).

Ainsi, on peut conclure que l'adsorption sur les boues est le principal phénomène responsable de l'élimination de la coloration dans le système de traitement à boues activées de cet effluent. Les boues activées vivantes ont une capacité élevée d'adsorption des colorants [29-31]. Cependant, l'adsorption des colorants par les boues dépend de leur structure (la structure moléculaire et le type et le nombre des positions de substituants dans la molécule de colorant), de leurs groupes chromophores et de leur solubilité [32-33].

Alors que le taux d'élimination de la couleur est relativement moins important, le procédé permet une élimination importante de la DCO.

On constate que la présence de colorants dans les eaux usées n'affecte pas l'efficacité de procédé dans l'élimination de la matière organique. Fu et al. (1994) [34] ont montré que les colorants azoïques n'inhibent pas la capacité de microorganismes pour l'élimination de la matière organique des eaux usées.

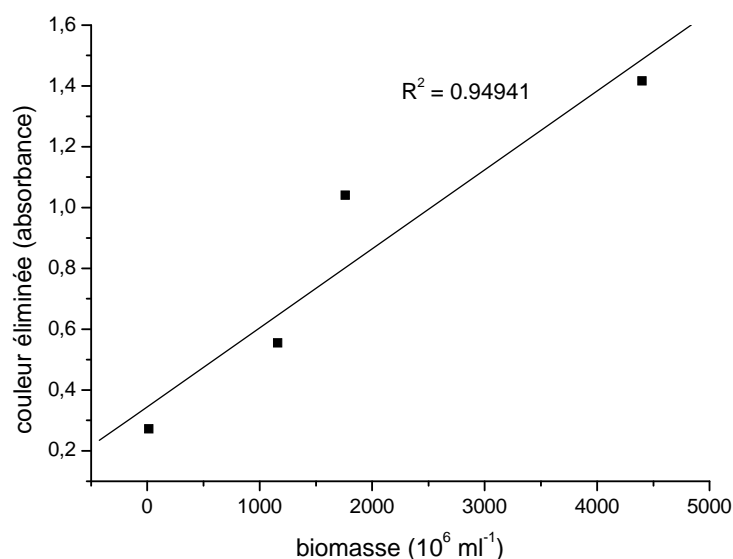


Figure 6. Corrélation entre l'élimination de la couleur et la concentration de la biomasse

CONCLUSION

Le traitement biologique à boues activées des eaux usées réelles de l'industrie de textile a montré que le procédé est efficace pour la réduction de la couleur et de la DCO. 40 à 56 % de la DCO et 13 à 30 % de la couleur ont été éliminées. Le suivi de la croissance de la biomasse a montré que l'élimination de la couleur est due principalement à l'adsorption sur les boues.

REFERENCES

1. Khelifi, E., Gannoun, H., Touhami, Y., Bouallagui, H., Hamdi, M.: Aerobic decolorization of the indigo dye-containing textile wastewater using continuous combined bioreactors, *Journal of Hazardous Materials*, **2008**, 152 (2), 683-689;
2. Van der Bruggen, B., Cornelisa, G., Vandecasteelea, C., Devreeseb, I.: Fouling of nanofiltration and ultrafiltration membranes applied for wastewater regeneration in the textile industry, *Desalination*, **2005**, 175 (1), 111-119;
3. Rovero, G., Beltramo, C.: From process to product: water recycling in wet textile manufacturing in: *Book of abstract of 6th IWA Conference on Wastewater Reclamation and Reuse for Sustainability*, Antwerp, Belgium, **2007**;
4. Tony, B.D., Goyal, D., Khanna, S.: Decolorization of textile azo dyes by aerobic bacterial consortium, *International Biodeterioration and Biodegradation*, **2009**, 63 (4), 462-469;
5. Iasur-Kruh, L., Yitzhak, H., Milstein, D., Gasith, A., Minz, D.: Microbial population and activity in wetland microcosms constructed for improving treated municipal wastewater, *Environmental Microbiology*, **2010**, 59 (4), 700-709;
6. Bisschops, I., Spanjers, H.: Literature review on textile wastewater characterization, *Environmental Technology*, **2003**, 24 (11), 1399-1411;
7. Chen, X., Shen, Z., Zhu, X., Fan, Y., Wang, W.: Advanced treatment of textile wastewater for reuse using electrochemical oxidation and membrane filtration, *Water SA*, **2005**, 31 (1), 127-132;
8. Amin, H., Amer, A., Fecky, A.E., Ibrahim, I.: Treatment of textile waste water using H₂O₂/UV systems, *Physicochemical Problems of Mineral Processing*, **2008**, 42, 17-28;

9. Korbathi, B.K., Tanyolaç, A.: Electrochemical treatment of simulated textile wastewater with industrial components and Levafix Blue CA reactive dye: optimization through response surface methodology, *Journal of Hazardous Materials*, **2008**, 151 (2-3), 422-431;
10. Lau, W.J., Ismail, A.F.: Polymeric nanofiltration membranes for textile dye wastewater treatment: preparation, performance evaluation, transport modelling and fouling controle, a review, *Desalination*, **2009**, 245 (1-3), 321-348;
11. Shaw C.B., Carliell C.M., Wheatley A.D.: Anaerobic/aerobic treatment of coloured textile effluents using sequencing batch reactors, *Water Research*, **2002**, 36 (8), 1993-2001;
12. Kanbouchi, I., Souabi, S., Chtaini, A., Aboulhassan, M.A.: Anaerobic-aerobic treatment of textile wastewater in a sequencing batch reactor, *Scientific Study & Research, Chemistry & Chemical Engineering, Biotechnology, Food Industry*, **2013**, 14 (4), 207-220;
13. Lotito, A.M., De Sanctis, M., Di Iaconi, C., Bergna, G.: Textile wastewater treatment: Aerobic granular sludge vs activated sludge systems, *Water Research*, **2014**, 54 (1), 337-346;
14. Kanekar, P., Sarnaik, S.: An activated sludge process to reduce the pollution load of a dye-industry waste, *Environmental pollution*, **1991**, 70 (1), 27-33;
15. Harmer, C., Bishop, P.: Transformation of azo dye AO-7 by wastewater biofilms, *Water science and technology*, **1992**, 26 (3-4), 627-636;
16. Zhang, T.C., Fu, Y.C., Bishop, P.L.: Transport and biodegradation of toxic organics in biofilms, *Journal of hazardous materials*, **1995**, 41 (2-3), 267-285;
17. Ogawa, T., Yatome, C.: Biodegradation of azo dyes in multistage rotating biological contactor immobilized by assimilating bacteria, *Bulletin of environmental contamination and toxicology*, **1990**, 44 (4), 561-566;
18. Public Health Association and American Water Works Association and Water Environment Association: *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 20th ed. American, **1998**;
19. Aysegül, P., Enis, T.: Color removal from cotton textile industry wastewater in an activated sludge system with various additives, *Water research*, **2002**, 36 (11), 2920-2925;
20. Benitez, F.J., Acero, J.L., Garcia, J., Leal, A.I.: Purification of cork processing wastewaters by ozone, by activated sludge, and by their two sequential applications, *Water Research*, **2003**, 37 (17), 4081-4090;
21. Hitz, H.R., Huber, W., Reed, R.H.: The adsorption of dyes on activated sludge, *Journal of the society of dyers and colorists*, **1978**, 94 (2), 71-76;
22. Hu, T.L.: Removal of reactive dyes from aqueous solution by different bacteria genera, *Water science and technology*, **1996**, 34 (10), 89-95;
23. Mittal, A.K., Gupta, S.K.: Biosorption of cationic dyes by dead macro-fungus *Fomitopsis carnea*: batch studies, *Water science and technology*, **1996**, 34 (10), 81-87;
24. Bossier, P., Verstraete, W.: Comamonas testosteroni colony phenotype influences exopolysaccharide production and coaggregation with yeast cells, *Applied and Environmental Microbiology*, **1996**, 62 (8), 2687-2691;
25. Cook, K.L., Garland, J.L., Layton, A.C., Dionisi, H.M., Levine, L.F., Sayler, G.S.: Effect of microbial species richness on community stability and community function in a model plant-based wastewater processing system, *Microbial Ecology*, **2007**, 52, 725-737;
26. Di Gioia, D., Sciubba, L., Bertin, L., Barberio, C., Salvadori, L., Frassinetti, S., Fava, F.: Nonylphenol polyethoxylate degradation in aqueous waste by the use of batch and continuous biofilm bioreactors, *Water Research*, **2009**, 43 (12), 2977-2988;
27. Shaul, G.M., Dempsey, C.R., Dostal K.A.: Fate of water soluble azo dyes in the activated sludge process, USEPA Water Engineering Research Laboratory, Cincinnati, USA, **1987**;
28. Zhou, W., Zimmerman, W.: Decolorization of industrial effluents containing reactive dyes by actinomyces, *FEMS Microbiology Letters*, **1993**, 107 (2-3), 157-162;
29. Basibuyuk, M., Forster, C.F.: An examination of the adsorption characteristics of a basic dye (Maxilon Red BL-N) on to live activated sludge system, *Process Biochemistry*, **2003**, 38 (9), 1311-1316;
30. Aksu, Z., Akın, A.B.: Comparison of Remazol Black B biosorptive properties of live and treated activated sludge, *Chemical Engineering Journal*, **2010**, 165 (1), 184-193;
31. Yang, Y., Nakada, N., Tanaka, H.: Adsorption of fullerene nC₆₀ on activated sludge: Kinetics, equilibrium and influencing factors, *Chemical Engineering Journal*, **2013**, 225 (1), 365-371;

32. Dohanyos, M., Madera, V., Sedlacek, M.: Removal of organic dyes by activated sludge, *Progress in water technology*, **1978**, 10 (5), 559-575;
33. Easton, J.R.: The problem of colour: the dye makers view in: Cooper P, editor. Colour in dye house effluent, *Society of Dyers and Colourists*, **1995**, 9-22;
34. Fu, Y.C, Jiang, H., Bishop, P.: An inhibition study of the effect of azo dyes on bioactivity of biofilms, *Water science technology*, **1994**, 29 (7), 365-372.