

Résumé :

Au Maroc, le grand bassin hydraulique 'Sebou' reçoit une forte pollution à partir des industries de la ville de Fès, notamment les tanneries. Les effluents de ces industries sont parmi les effluents les plus complexes et les plus toxiques. En conséquence, la décontamination de ces effluents est indispensable avant leur rejet dans la nature. A cet égard, le principal objectif de ce travail est le traitement de ces effluents par des techniques efficaces, économiques, innovantes et écologiques. Pour ce faire, une caractérisation physico-chimique, métallique et microbiologique d'un effluent composite d'une tannerie moderne, a été effectuée en premier lieu. Cette caractérisation a révélé que cet effluent est très chargé en matière organique, minérale et métallique, d'où cette charge est loin de répondre aux normes Marocaines de rejet. Toutefois, cette charge a empêché la croissance microbienne dans cet effluent. Par ailleurs, les procédés utilisés pour le traitement de cet effluent ont été le réacteur séquentiel discontinu (SBR), la bio-augmentation, l'adsorption en utilisant un sous-produit (Cendres volantes) comme étant un matériau d'adsorption, le couplage de la précipitation par le chlorure ferrique et le SBR, et finalement, la combinaison du SBR avec la filtration sur les cendres volantes. Le traitement par le SBR a été réalisé en appliquant trois charges volumiques, à savoir une faible charge (0,3 Kg de DCO/Jour/m³), une moyenne charge (0,7 Kg de DCO/Jour/m³) et une forte charge (1,5 Kg de DCO/Jour/m³). Ce traitement par le SBR a démontré que l'utilisation d'une faible charge a donné un effluent répondant aux normes Marocaines de rejet, tandis que les autres charges volumiques n'ont pas pu satisfaire ces normes malgré les taux d'abattement élevés obtenus. Quant à la technique de bio-augmentation, *Bacillus sp.*, *Enterobacter aerogenes* et *Bacillus pumilus*, ont été isolés à partir de l'effluent de tannerie. Ces trois isolats ont montré un fort pouvoir d'élimination de la DCO, du chrome total et hexavalent. Les taux d'élimination ont atteint plus de 70%, 80% et 94% respectivement pour la DCO, le Cr(T) et le Cr(VI) en utilisant les trois isolats et leur consortium avec une concentration bactérienne de 6%. La caractérisation des cendres volantes a révélé que ce matériau peut remplacer le charbon actif commercial grâce à sa structure silico-alumineuse et poreuse, sa longue durée de vie, ainsi que sa grande surface spécifique. L'adsorption par ce matériau a donné des résultats excellents en les utilisant en lit fixe, où l'effluent traité a répondu parfaitement aux normes de rejet. Néanmoins, l'adsorption en lit fluidisé a aussi donné des taux d'abattement important pour la DCO, le Cr(VI) et les ions sulfure, qui ont dépassé 90%. Ainsi, elle nous a permis de déterminer les mécanismes d'adsorption. Bien que le traitement par la précipitation couplée au SBR ait donné un effluent qui répond aux normes, le SBR suivi de la filtration sur les cendres volantes a un effet très significatif sur les taux d'abattement de tous les paramètres, dont ils ont atteint 100% pour les principaux paramètres. Alors, ce traitement combiné est désormais comme étant le meilleur traitement de cet effluent composite de tannerie. D'autre part, une dénitrification en aérobie a été révélée au sein du SBR, d'où *Bacillus Pumilus*, *Streptomyces Lusitanus* et *Arthrobacter sp.* ont été isolées. Ces souches ont montré une forte capacité de dénitrification en aérobie, dont le taux d'élimination des nitrates a dépassé 90% pour toutes les souches isolées et leur consortium aussi.

Mots clés :

Tannerie, toxicité, chrome VI, sulfure, SBR, bio-augmentation, adsorption, cendres volantes, couplage, précipitation, dénitrification en aérobie

Contribution to tannery effluents treatment by biological and physicochemical processes: Optimization, modeling and innovation

Abstract:

In Morocco, the large hydraulic basin 'Sebou' receives more than 40% of pollution from industries of Fez city, including tanneries. Tannery effluents have known as the most complex and toxic effluents because of their high chromium and sulfide amount. These contaminants have harmful effects on human health and the environment as well. Therefore, the treatment of these effluents has been essential before their reject into the environment. For that, the main objective of this work is the treatment of these effluents using efficient, economic, innovative and ecological processes. For this purpose, a physic-chemical, metallic and microbiological characterization of a composite effluent, collected from a modern tannery, was firstly carried out. This characterization revealed that this effluent is heavily loaded in organic, mineral, and metallic matter, in which it could not satisfy Moroccan standards of discharge. However, this toxic load has prevented microbial growth within this effluent. Several processes were performed for the treatment of this effluent, such as: Sequencing batch reactor (SBR), bio-augmentation, adsorption using solid waste (Fly ash) as adsorption material, coupling of precipitation by ferric chloride and SBR, and finally, combination of SBR and fly ash filtration. The SBR treatment was carried out using three volumetric organic loads: a low load (0,3 Kg of DCO/Day/m³), an average load (0,7 Kg of DCO/Day/m³), and a high load (1,5 Kg of DCO/Day/m³). This treatment showed that the low volumetric load is the best and the treated effluent conformed to Moroccan discharge standards, whereas other loads could not satisfy these standards despite of high removals obtained. As for the bio-augmentation technique, *Bacillus sp.*, *Enterobacter aerogenes*, and *Bacillus pumilus* were isolated from the tannery effluent. These three isolates showed high removals of COD, total and hexavalent chromium. These abatement rates reached over 70%, 80% and 94% respectively for COD, Cr(T), and Cr(VI), by using the three isolates, their consortium, and a bacterial concentration of 6%. Otherwise, the characterization of fly ash revealed that this material can replace commercial activated carbon due to its silico-alumina and porous structure, its long lifetime, and its large specific surface area (S_{BET}). Adsorption by this material gave excellent results by using them as a fixed bed, where the treated effluent could perfectly satisfy Moroccan discharge standards. Nevertheless, fluid bed adsorption gave also significant abatement rates for COD, Cr(VI), and sulfide ions, which exceeded 90%. Additionally, it allowed us to determine the adsorption mechanisms as well. Although the precipitation treatment coupled with SBR gave a treated effluent which conforms to discharge standards, the combination of SBR and filtration by fly ash had a very significant effect on removals of all parameters, which reached 100% for main parameters. So, this combined treatment is considered as the best process for this composite tannery effluent treatment. On the other hand, aerobic denitrification was revealed within the SBR process, from where three responsible strains were isolated. These strains were *Bacillus Pumilus*, *Streptomyces Lusitanus*, and *Arthrobacter sp.*. These strains showed a high aerobic denitrification potential, in which the nitrate removal exceeded 90% for all isolated strains and their consortium.

Keywords:

Tannery effluent; toxicity; chromium VI; sulfide; SBR; bio-augmentation; adsorption; fly ash; coupling; precipitation; aerobic denitrification.