

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
BOUIA Abdelhak	Faculté des sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Président
TALEB Abdeslam	Faculté des Sciences et Technique, Mohammedia	PES	Rapporteur
KAICHOUH Ghizlan	Faculté des sciences, Rabat	MCH	Rapporteur
LHASSANI Abdelhadi	Faculté des sciences et techniques, Fès	PES	Rapporteur
EL KARKOURI Abdenbi	Faculté des sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Examineur
ELOUTASSI Nouredine	Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation, Fès Meknès	PES	Examineur
BEKKARI Hicham	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse
LAHKIMI Amal	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	MCH	Co-directeur de thèse



Résumé :

La consommation énorme des quantités d'eau dans les différents secteurs augmente la production des effluents non traités surtout dans le domaine industriel qui influence l'équilibre écologique d'une façon critique. Dans ce contexte et dans le cadre d'une stratégie écologique, l'élaboration des matériaux naturels, biodégradable et a cout convenable sans effet néfaste sur l'environnement, via des procédés physico-chimiques et l'application des microalgues dans les procédés biologiques sont les objectifs de cette étude pour atteindre une solution efficace et respectueuse pour l'environnement.

La caractérisation physicochimique des effluents urbains afin de détecter les zones les plus pollués montrent que la majorité des paramètres mesurés, à savoir ; le pH, la CE, la DCO, la MES, la DBO₅, les nitrates, les nitrites, l'ammonium, le phosphore et les métaux lourds présentent des valeurs élevées qui dépassent largement les normes marocaines, ainsi que la caractérisation microbiologique indique une présence des germes d'origine fécale.

Les différents résultats de la caractérisation d'adsorbant (la coque d'amande), par DRX, IRTF et MEB-EDX, ainsi le floculant (*opuntia ficus indica*), ont permis de montrer que ces biomatériaux ont des caractéristiques spéciales telles que la composition de la surface, les propriétés et la non-toxicité, dont la coque d'amande se caractérisent par leur forme poreuse et cristalline riche en quartz et en calcite, alors qu'*opuntia ficus indica* riche en polysaccharides et des composés capables de capter et d'agglomérer les particules en suspension.

Le taux d'élimination de l'adsorption atteint un taux d'abattement de 82% pour une granulométrie de 60µm, un débit de l'ordre de 15 mL.min⁻¹ et pour une hauteur du lit de 7cm.alors que le procédé de la coagulation floculation a permis l'obtention d'un effluent moins pollué et avec des valeurs de 80% à l'aide d'*opuntia ficus indica* comme floculant, qui a été exploité non seulement sur l'effluent urbains mai aussi sur l'effluent industriels de la CBGN. La meilleure réduction de la DCO a été obtenue pour les coques d'amande dans le procédé d'adsorption, a permis d'aborder un taux d'abattement de 82%. La modélisation statistique et l'analyse de régression avec un niveau de confiance de 95% ont permis de confirmer la signification statistique de l'adsorption et de valider le modèle box behnken avec des coefficients de détermination R² proches de 1. Concernant le traitement biologique aérobie à base des souches micro algales, contribuent de manière significative en réduisant la demande chimique et biologique en oxygène, grâce à leurs processus métaboliques. Ces micro-organismes utilisent les matières organiques comme source de carbone pour leur croissance, contribuant ainsi à l'épuration de l'effluent en réduisant les paramètres, dont la DCO qui peut atteindre 77% par *synechocystis sp* et 56% par *Monoraphidium miutum*, avec une production importante en biomasse.

Les résultats évoquent que la valorisation des déchets et des plantes comme biomasse peut être une stratégie avantageuse et économique dans les procédés physico chimiques, alors que les souches micro algales peut remplacer les bactéries, comme méthode biotechnologique pour l'élimination des différents polluants.

Mots clés : eaux urbaines ; adsorption continue ; coagulation floculation ; biomasse durable ; optimisation ; modélisation ; IRTF ; DRX ; MEB ; Souches micro algales.

Innovative Biotechnological Approaches for Urban Wastewater Treatment in Fes: Use of Biomaterials and Microalgae

Abstract :

The enormous consumption of water in the various sectors increases the production of untreated effluents, especially in the industrial sector, which has a critical impact on the ecological balance. In this context, and as part of an ecological strategy, the development of natural, biodegradable and cost-effective materials without harmful effects on the environment, via physico-chemical processes and the application of microalgae in biological processes, are the objectives of this study in order to achieve an effective and environmentally-acceptable solution.

The physico-chemical characterisation of urban effluents in order to detect the most polluted areas showed that most of the parameters measured, namely pH, EC, COD, SS, BOD5, nitrates, nitrites, ammonium, phosphorus and heavy metals, had high values that far exceeded Moroccan standards, while the microbiological characterisation indicated the presence of germs of faecal origin.

The various results of the characterisation of the adsorbent (almond shell), by XRD, FTIR and SEM-EDX, as well as the flocculant (*opuntia ficus indica*), showed that these biomaterials have special characteristics such as surface composition, properties and non-toxicity. Almond shells are characterised by their porous and crystalline form, rich in quartz and calcite, while *opuntia ficus indica* is rich in polysaccharides and compounds capable of capturing and agglomerating particles in suspension.

The adsorption removal rate reaches 82% for a particle size of 60µm, a flow rate of around 15 mL.min⁻¹ and for a bed height of 7cm. whereas the coagulation-flocculation process produced a less polluted effluent with values of 80% using *opuntia ficus indica* as the flocculant, which was used not only on the urban effluent but also on the CBGN industrial effluent. The best COD reduction was obtained for almond shells in the adsorption process, achieving an abatement rate of 82%. Statistical modelling and regression analysis with a confidence level of 95% confirmed the statistical significance of adsorption and validated the box behnken model with coefficients of determination R² close to 1. Aerobic biological treatment based on microalgal strains makes a significant contribution to reducing chemical and biological oxygen demand, thanks to their metabolic processes. These micro-organisms use organic matter as a source of carbon for their growth, thereby contributing to effluent purification by reducing parameters such as COD, which can reach 77% by *Synechocystis sp* and 56% by *Monoraphidium miutum*, with significant biomass production.

The results suggest that using waste and plants as biomass can be an advantageous and economical strategy in physical-chemical processes, while microalgal strains can replace bacteria as a biotechnological method for eliminating various pollutants.

Key Words :

urban water; continuous adsorption; coagulation flocculation; sustainable biomass; optimisation; modelling; FTIR; XRD; SEM; microalgal strains