



Adsorption des ions orthophosphates et sulfates par le broyat d'une plante desséchée (*C. Edulis*): Application aux eaux usées de la STEP M'Zar (Adsorption of orthophosphate ion and the sulphates of the plant homogenate dried (*C. edulis*): Application to wastewater in WWTP M'zar)

M. Abali, A. Ait Ichou, F. Abidar, A. Soudani, F. Sinan*, M. Zerbet et M. Chiban

Université Ibn Zohr, FSA, Département de Chimie, Agadir, Maroc

Received 09 September 2014, Revised 14 October 2014, Accepted 23 October 2014

**Corresponding Author. E-mail: fd.sinan@gmail.com; Tel: (+212668134168)*

Résumé

L'adsorption est reconnue comme l'une des meilleures techniques de traitement des eaux. Ces dernières années, plusieurs travaux sont orientés vers la recherche de nouveaux matériaux, moins chers et possédants un bon potentiel adsorbant. Le but de ce travail est d'améliorer les performances d'une station d'épuration des eaux usées (STEP) à base d'infiltration-percolation sur sable par introduction d'un biomatériau adsorbant, abondant et peu coûteux, dont les bonnes performances adsorbantes ont été démontrées dans notre équipe de recherche. Les résultats obtenus au laboratoire avec les eaux usées décantées (EUD) et les eaux usées épurées (EUE) de la STEP sont importants et présentent des rendements épuratoires intéressants : 60 % pour les orthophosphates et 76 % pour les sulfates.

Mots clés : adsorption, orthophosphates, sulfates, *Carpobrotus Edulis*, eaux usées.

Abstract

The adsorption is recognized as one of the best techniques of water treatment. Those last years, works focuses on the search for new materials, cheaper and with good potential adsorbent. The purpose of this work is to improve the performance of a wastewater treatment plant (WWTP) based on infiltration-percolation on sand by introducing a biomaterial adsorbent, abundant and inexpensive with good adsorptive performance was demonstrated in our research. The results obtained with the settled sewage and treated wastewater are important and have interesting purifying efficiency: 60% for orthophosphate and 76% for sulphate.

Keywords: adsorption, orthophosphate, sulfate, *Carpobrotus Edulis*, wastewater.

Introduction

La technologie de séparation par adsorption constitue aujourd'hui une des technologies de séparation les plus importantes [1, 2,3]. Elle est basée sur une adsorption sélective (soit thermodynamique soit cinétique) des différents constituants gazeux ou liquides par des adsorbants grâce à des interactions spécifiques entre les surfaces des adsorbants et les molécules adsorbées.

La recherche de nouveaux matériaux qui seraient de bons adsorbants, faciles à préparer et dont les prix sont faibles, constitue l'une des voies les plus prometteuses. Ainsi des recherches basées sur des adsorbants naturels d'origine végétale, animale ou minérale ont été réalisées par diverses équipes [1-6].

L'objectif principal de ce travail est de réduire le taux des ions orthophosphates et sulfates, présentent en quantités plus au moins élevées, dans les eaux usées de la région de Souss-Massa-Drâa. Cette élimination se fait par le procédé d'adsorption à base de matériau naturel d'origine végétale. Ce matériau naturel a été étudié dans notre équipe et a montré une grande capacité à retenir différents polluants minéraux, métalliques et organiques à partir de solutions synthétiques du laboratoire [7-12].

2. Partie expérimentale

Le BMIS utilisé dans ce travail est préparé à partir de la plante *Carpobrotus edulis* recueillie à la ville d'Agadir (sud-ouest marocain). L'adsorbant est préparé à partir de micro-particules du broyat de la plante desséchée avec une

granulométrie inférieur ou égale à 500 µm. L'étude de l'adsorption des ions orthophosphates et sulfates par le broyat de biomatériaux inertes solides à base de la plante *C. edulis* a été réalisée en régime statique (figure 1). Ce système permet d'avoir un meilleur contact entre l'adsorbant et l'adsorbât, en évitant toute décantation de l'adsorbant.

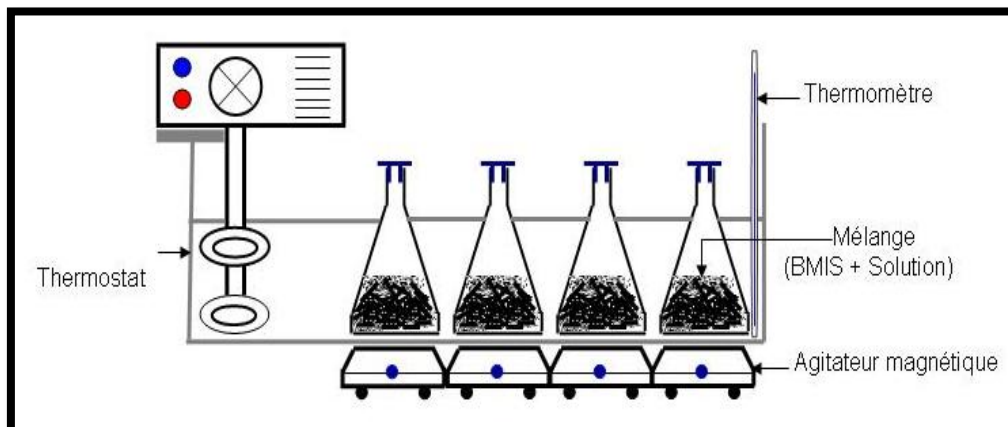


Figure 1: Dispositif expérimental utilisé pour l'étude de l'adsorption en régime statique

La quantité adsorbée d'un polluant *i* par gramme de BMIS est calculée par :

$$Q_{ir} = C_{ir} \times V/m \quad (\text{Eq. 1})$$

avec $C_{ir} = C_{i0} - C_{ie}$

C_{ir} : Concentration retenue du polluant *i* (mg/l)

C_{i0} : Concentration initiale du polluant *i* (mg/l)

C_{ie} : Concentrations résiduelles du polluant *i* à l'équilibre (mg/l)

m/V : Rapport Masse de l'adsorbant (g) / Volume de l'adsorbât (l)

Q_{ir} : Quantité adsorbée de polluant *i* par unité de masse de l'adsorbant (mg/g)

Le taux de rétention d'un polluant *i* (P_i , %) est donné par l'expression :

$$P_i (\%) = (1 - C_{ie}/C_{i0}) \cdot 100 \quad (\text{Eq. 2})$$

3. Caractérisation physico-chimique de matériau utilisé

L'étude de la composition chimique des microparticules de la plante a été réalisée par notre équipe [13], elle a montré que ce biomatériau est riche en protéines, polypeptides et d'autres biomolécules telles que les composés phénoliques, alcaloïdes, terpènes... comportant des groupements fonctionnels (carboxyle, amine, hydroxyle, sulfates, phosphate, etc) qui sont totalement ou partiellement impliqués dans la rétention Ion-BMIS.

3.1. Microscopie électronique à balayage

La figure ci-dessous (figure 2) présente l'étude de ce BMIS par MEB [14].

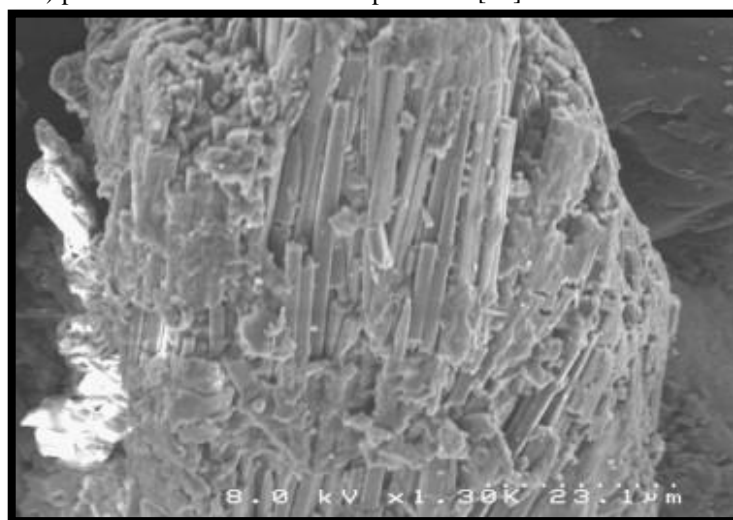


Figure 2 : MEB de la poudre du *C. edulis* [14].

Cette micrographie révèle clairement l'apparition de grains et de fibres organiques à la surface de matériau naturel. Cette figure montre aussi que le broyat est très poreux avec une diversité dans la taille et la texture des grains.

3.2. Spectroscopie X à dispersion d'énergie

La figure ci-dessous (figure 3) illustre le spectre par spectroscopie X à dispersion d'énergie (EDX) de broyat de la *C. edulis* [14]. Ce spectre présente les éléments chimiques qui composent la structure de cette substance ainsi que leurs pourcentages massiques et atomiques. Il montre que ce matériau est riche en O, C, Ca, Si, S, Al, Na et Mg. La composition chimique de ce matériau est de : 4,00% de Si, 5,27% de Ca, 29,05% de C et 52,48% de O. Ces éléments sont les principaux constituants des protéines, polypeptides, Composés phénoliques, alcaloïdes...

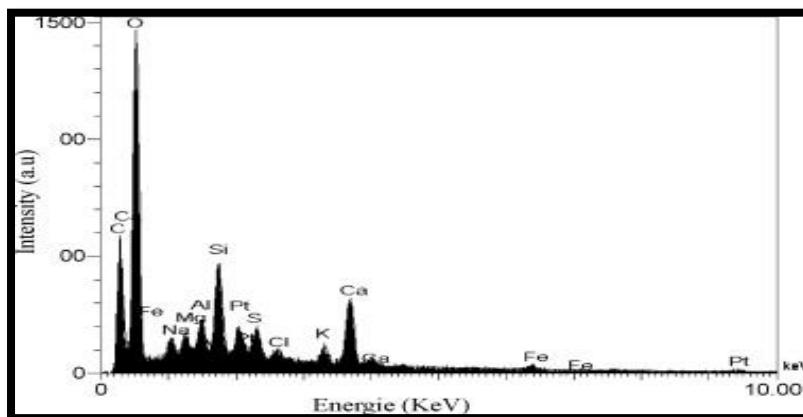


Figure 3 : Spectres EDX de broyat du *C. edulis* [14]

4. Résultats

4.1. Charge polluante des eaux usées

Dans le but de comparer les performances épuratoires du procédé à base de BMIS avec ceux des procédés d'épuration adoptés par la STEP M'zar. Une étude de la charge polluante des eaux usées étudiées a été effectuée, le tableau ci-dessous (tableau 1) regroupe les différents paramètres physico-chimiques et microbiologiques des eaux usées brutes décantées (EUD) et épurées (EUE) de la STEP M'zar.

Tableau 1 : Charge polluante des eaux usées utilisées

Paramètres	EUD	EUE
T (°C)	25,2	24,8
pH	7,48	7,70
Conductivité (µs/cm) à 20°C	3735	3390
MES totales (mg/l)	755	16
MVS (mg/l)	696	12
DBO ₅ brute (mg O ₂ /l)	720	26
DCO brute (mg O ₂ /l)	1640	58
Orthophosphates (mg/l)	27,03	9,68
NO ₃ ⁻ (mg/l)	49,7	314
Cl ⁻ (mg/l)	798	720
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	132	119

Les eaux usées brutes décantées (EUD) du grand Agadir, pris à l'entrée de la station d'épuration M'zar, présentent une concentration élevée par rapport à la typologie des eaux usées urbaines marocaines [15], car la zone industrielle du grand Agadir est raccordée directement au réseau d'assainissement liquide qui transite les eaux usées vers la STEP.

Par ailleurs, les eaux usées épurées (EUE) pris à la sortie de la STEP M'zar, présentent une valeur très élevée de la conductivité, liée particulièrement à une teneur importante en sels chlorures à cause des rejets industriels de type agro-alimentaire (conserverie de poisson) et aussi des teneurs élevées en nitrates qui du à l'oxydation de la pollution azotée au sein des filtres à sable (traitement secondaire).

4.2. Étude de l'adsorption des ions ortho-phosphates et sulfates par BMIS

4.2.1. Ions orthophosphates

La figure ci-dessous (figure 4) présente les courbes de variation de la concentration retenue des ions orthophosphates (Oph) par le BMIS en fonction du temps de contact, contenue dans les EUD et EUE de la STEP M'zar. Sachant que le dosage de ces ions est effectué par absorption dans le visible à une longueur d'onde de 700 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV de type UV-2300 [16].

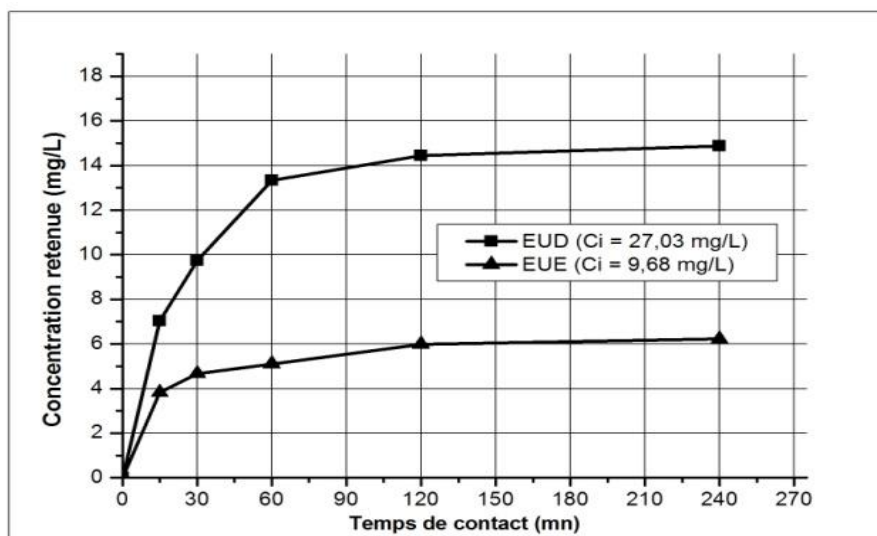


Figure 4 : Variation de la concentration retenue des ions Oph par BMIS en fonction de temps de contact (R=25g/L; T=25°C)

D'après ces résultats, on constate que la quantité retenue des ions Oph par la surface du BMIS augmente avec le temps de contact. L'équilibre est atteint après un temps de contact d'environ 2 heures pour les deux types des eaux usées étudiées. La concentration retenue des ions Oph par BMIS atteint un maximum de 14,88 mg/L et de 6,22 mg/L respectivement pour les EUD et EUE.

4.2.2. Ions Sulfates

Les courbes de la figure ci-dessous (figure 5) présentent la variation de la concentration retenue des ions sulfates par BMIS en fonction du temps de contact, contenue dans les EUD et EUE de la STEP M'zar. Sachant que le dosage de ces ions est effectué par néphélométrie à l'aide d'un turbidimètre type IR Orbeco-Hellige (965-IR) [16].

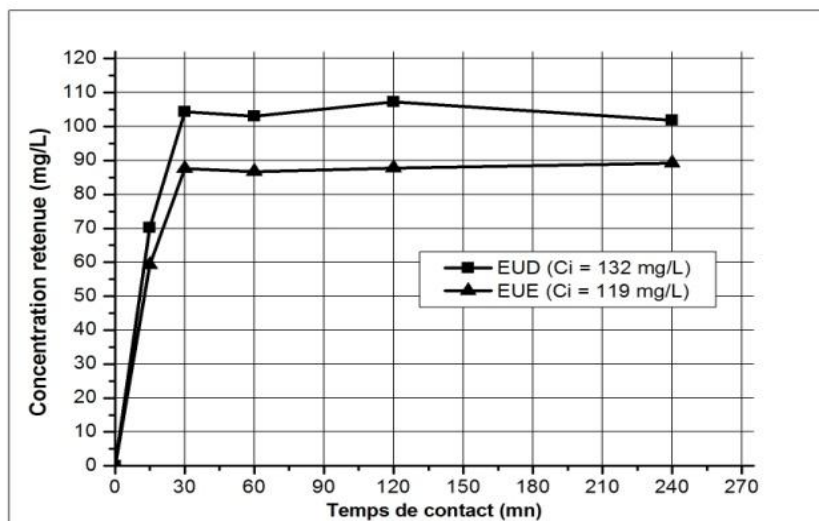


Figure 5 : Variation de la concentration retenue des ions sulfates par BMIS en fonction de temps de contact (R=25g/L; T=25°C)

À partir de ces courbes, on constate que la quantité retenue des ions sulfates par la surface du *C. edulis* augmente avec le temps de contact. L'équilibre est atteint après un temps de contact d'environ 30 minutes pour les deux types des eaux usées. La concentration retenue des ions sulfates par BMIS atteint un maximum de 104,35 mg/L et 87,55 mg/L respectivement pour les EUD et EUE. Ces courbes montrent également que la rétention des ions sulfates est plus rapide que celle des ions OPh.

Dans le but d'évaluer les performances épuratoires de BMIS utilisé vis-à-vis les ions étudiés, on présente ci-dessous les concentrations des ions OPh et sulfates dans les eaux usées avant et après l'adsorption (tableau 2).

Tableau 2 : Concentration des ions OPh et sulfates dans les eaux usées avant et après adsorption à l'équilibre

		OPh (mg/L)	Sulfates (mg/L)
EUD	Avant adsorption	27,03	132,00
	Après adsorption	12,15	27,65
	% Amélioration	55,05	79,05
EUE	Avant adsorption	9,68	119,00
	Après adsorption	3,46	31,45
	% Amélioration	64,26	73,57

À travers ces résultats, on remarque que les ions OPh présentent des rendements épuratoires satisfaisants de l'ordre de 55,05 % pour les EUD et de l'ordre de 64,26 % pour les EUE.

Dans le cas des ions sulfates, on constate que le broyat de BMIS à des rendements épuratoires importants qui atteignent 79,05 % pour les EUD et 73,57 % pour les EUE.

Conclusion

La charge polluante des eaux usées étudiées présente des concentrations plus ou moins élevées pour les paramètres majeurs de pollution, telle que les ions OPh et sulfates.

Les rendements épuratoires des ions OPh et sulfates par le broyat de *C. edulis* sont importants. Le matériau étudié pourrait constituer un adsorbant potentiel vis-à-vis des polluants orthophosphates et sulfates vu son faible coût et le taux de rétention élevé.

Un tel procédé peut être utilisé dans l'épuration des eaux usées et pourrait intégrer dans le système d'épuration de la STEP M'zar pour en améliorer le rendement.

Références

1. Thi An Hang Nguyen, Huu Hao Ngo, Wenshan Guo, Tien Vinh Nguyen, Phosphorous Removal from Aqueous Solutions by Agricultural By-products: A Critical Review, *Journal of Water Sustainability* 3 (2012) 193-207.
2. Chiban M., Soudani A., Zerbet M., Sinan F., Wastewater Treatment Processes, Chapter 10: Wastewater Treatment Processes, in: Handbook of Wastewater Treatment: Biological Methods, Technology and Environmental Impact, *Nova Science Publishers*, 2013, 249-262.
3. Wan Ngah W.S., Hanafiah M.A.K.M., Removal of heavy metal ions from wastewater by chemically modified plant wastes as adsorbents: a review, *Bioresource Technology*, 99 (2008) 3935–3948.
4. De Lima, A.C.A., Nascimento, R.F., de Sousa, F.F., Filho, J.M. and Oliveira, A.C., 2012, Modified coconut shell fibers: A green and economical sorbent for the removal anions from aqueous solutions. *Chemical Engineering*, 274-284.
5. Ismail, Z., 2012, Kinetic study for phosphate removal from water by recycled date-palm wastes as agricultural by-products. *International Journal of Environmental Studies*, 69(1), 135-149.
6. Divya Jyothi M., Rohini Kiran K. and Ravindhranath K., 2012, Phosphate pollution control in waste waters using new bio-sorbents, *Int. J. Water Res. Environ. Eng.*, 4(4), 73-85.
7. Chiban M., Soudani A., Sinan F., Persin M., *Colloids Surf. B: Biointerfaces*, 82, 267 (2011).
8. Chiban M., Soudani A., Sinan F., Persin M., Characterization and application of dried plants to remove heavy metals, nitrate and phosphate ions from industrial wastewaters, *CLEAN - Soil, Air, Water*, 39, 376 (2011)
9. Chiban M., Zerbet M., Carja G., Sinan F., Application of low-cost adsorbents for arsenic removal: A review, *J. Environ. Chem. Ecotoxicol.*, Vol. 4(5), pp. 91-102, 2012.

10. Soudani A., Chiban M., Zerbet M., Eddaoudi H., Sinan F., Tahrouch S., Persin M., Mineral ions adsorption onto inert solid biomaterials of vegetal origin: Study extended to the strong limiting concentrations leading to the total saturation of adsorbent, *Current Focus on Colloids and Surfaces, Transworld Research Network*, 37/661, 209-225 (2009).
11. Soudani A., Chiban M., Zerbet M., Sinan F., Bensergho wastewater treatment by adsorption on dried *launea arborescens* plant as an environmentally friendly material, *Phys. Chem. News* 58, 17 (2011).
12. Soudani A., Chiban M., Zerbet M., Sinan F., Use of mediterranean plant as potential adsorbent for municipal and industrial wastewater treatment, *J. Environ. Chem. Ecotoxicol.* 3, 199 (2011).
13. Chiban M., Amezghal A., Benhima H., Sinan F., Tahrouch S. and Seta P., *Reviews in Bio and Biotech*, 6 (2007)
14. Chiban M., Soudani A., eddaoudi H., sinan F. and Persin M., 13th IWRA World Water Congress, Montpellier, France (2008)
15. Schéma Direction National d'Assainissement Liquide (SDNAL), projet MOR/92/020 Mission II.6, Épuration, DEA, DGCL, Ministre de l'intérieur, (mai 1998)
16. Rodier J., Legube B., Merlet N. et coll; Ed. Dunod, Paris, (2009).

(2014) ; <http://www.jmaterenvironsci.com>