

DECONTAMINATION D'UN EFFLUENT CHARGE EN Pb (II) PAR ELECTROEXTRACTION

M. Gabli*, A. Smara, W. Mecibah, Z. Benredjem, R. Delimi
Laboratoire de Traitement des Eaux et Valorisation des Déchets Industriels,
Université Badji Mokhtar, Annaba 23000, BP12, Algérie
*E-mail : gablimessa@yahoo.fr

Résumé

L'électroextraction appelée aussi électropermutation est un procédé propre qui combine l'électrodialyse conventionnelle à l'échange d'ions sur résine. Les solutions diluées sont peu conductrices et entraînent une forte polarisation de la cellule. La présence de la résine augmente la conductivité globale du milieu ce qui abaisse la résistance électrique dans le compartiment de dilution.

Dans ce travail nous présentons les résultats obtenus lors d'essais d'épuration d'un effluent chargé en plomb et l'influence de certaines conditions opératoires sur l'efficacité du procédé étudié. Le procédé d'électroextraction mis en œuvre dans ce travail donne des résultats prometteurs concernant l'élimination et la concentration des cations métalliques. Ce procédé nous a permis d'éliminer le Plomb jusqu'à 98%.

Mots clés : électroextraction, concentration, métaux lourds, résine, membrane.

Abstract

The electroextraction called also electropermutation is a clean process which combines conventional electrodialysis with ion exchange on resin. The diluted solutions are not very conducting and involve a strong cell polarization. The presence of the resin increases the total conductivity of the medium which lowers electric resistance in the dilution compartment.

In this work we present the results obtained during purification tests of an effluent contaminated with lead and the influence of certain operating conditions on the effectiveness of the studied process. The process of electroextraction adapted in this work gives promising results concerning metal ions elimination and concentration. By this process, we reached an elimination efficiency of 98%.

Key words: electroextraction, concentration, heavy metals, resin, membrane.

1. INTRODUCTION

La contamination des eaux, des sols et de l'air par les métaux lourds est le plus souvent imputable à l'action de l'homme. La révolution industrielle a entraîné de nouvelles utilisations massives des métaux lourds dans l'agriculture, la construction, l'industrie ...etc. Les activités industrielles et urbaines ainsi que le transport sont à l'origine de la pollution des milieux récepteurs par le plomb.

L'intoxication aiguë par le plomb est appelée saturnisme (Institut national de l'environnement industriel et des risques, 2003 ; Miquel, 2001), La toxicité de ce métal est intimement liée aux propriétés électroniques particulières de l'ion Pb^{2+} . Le plomb métallique se lie aux groupes SH de beaucoup d'enzymes.

Les changements climatiques et la pénurie en eau dirigent les industriels vers la recherche de nouveaux techniques qui satisfont l'équivalence moins polluer en produisant mieux. Les techniques employées depuis longtemps sont les méthodes d'adsorption (Erdem et al, 2004), de précipitation chimique, d'extraction (Zamboulis et al, 2004, Mubarak et al, 2004) et d'échange d'ions (Lacour et al, 2001 ; Verbych et al, 2004). Cette dernière est parfaitement adaptée au traitement de grand volume à faible concentration, mais elle présente l'inconvénient d'être discontinu et génère de grand volume de rejets salins. Les procédés de séparation et de concentration à membrane sont connus depuis les années soixante (Berdous et Akreche, 2002, Picard et al, 2002, Santarosa et al, 2002, Mohammadi et al 2004). L'électrodialyse est utilisée surtout en domaine d'industrie de traitement de surface. Pour des

raisons économique ce procédé ne peut être utilisé dans le cas de solutions diluées à cause de leurs faibles conductivités.

Pour surmonter ce problème de polarisation, Spiegler et al ont décrit pour la première fois en 1952 une nouvelle technique qui combine l'échange d'ions à l'électrodialyse et qui en plus assure la continuité de procédé et l'élimination de la phase de régénération chimique de l'échangeur. En suite ce procédé a connu un développement important, il a été décrit pour le traitement des effluent chargés en métaux lourds notamment en cations bivalents (Strathmann et Kock, 1980 ; Ezzahar et al, 1996; Basta et al, 1998 ; Spoor et al, 2002 ; Smara et al, 2005). L'objectif de ce travail est de mettre en évidence la faisabilité de l'électropermutation pour le traitement des solutions diluées de cations métalliques notamment le plomb et l'étude de l'influence des conditions opératoires sur l'efficacité du procédé.

2. EXPERIMENTAL :

2.1. Les matériaux échangeurs d'ions :

Le procédé d'électropermutation (EP) étudié utilise à la fois des membranes et des résines échangeuses d'ions de type fort. Les membranes utilisées sont la CMX ; membrane échangeuse de cation et l'AMX ; membrane échangeuse d'anion fabriquées par Tokuyama co. La résine utilisée est la duolite C20, résine échangeuse de cations produite par Rhon&Haas.

2. 2. Montage et conditions expérimentaux

La cellule d'électrodialyse utilisée est une cellule de laboratoire de forme cylindrique, composée de cinq compartiments dont les capacités sont : compartiment diluat 45 ml ; compartiments receveur cations et donneur protons 85 ml et compartiments électrodes 35 ml. La solution à traiter circule dans le compartiment diluat (A) de la cellule en circuit ouvert, alors que les autres solutions des circuits électrodes (E), receveur (R) et donneur (D) circulent en circuits fermés. Les surfaces effectives des électrodes et des membranes sont de l'ordre de 27 cm². L'anode et la

cathode sont respectivement en platine et en carbone vitreux.

Le compartiment diluat dans lequel circule la solution à traiter est délimité par deux membranes CMX échangeuses de cations. Il renferme la résine échangeuse de cations (C20) saturée préalablement au cation Pb⁺². De part et d'autre de compartiment diluat se trouve les compartiments donneur de protons (D) du cotée anodique et receveur de cations (R) de cotée cathodique. Aux extrémités de la cellule, se trouvent les compartiments électrodes (E) figure (1).

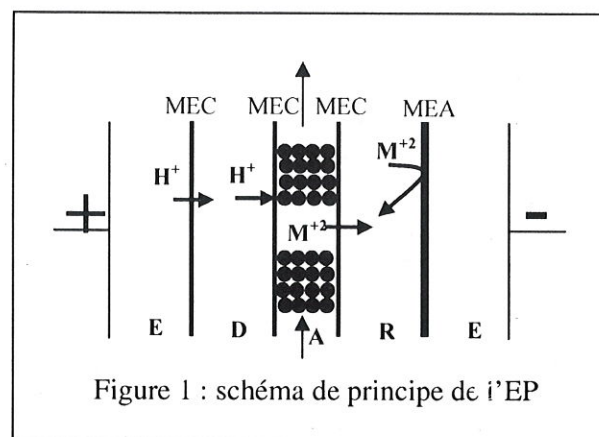


Figure 1 : schéma de principe de l'EP

Pendant les manipulations les compartiments du pilote sont alimentés par les solutions suivantes : Compartiment diluat : 1000 ml de solution de Pb⁺² 40 ppm.

Compartiment receveur : 500 ml d'acide nitrique 0,1M.

Compartiment donneur : 500 ml d'électrolyte régénérant 0,1M

Circuit rinçage électrode : 100 ml d'acide nitrique 0,1M.

Le débit d'alimentation du compartiment central est de l'ordre de 1,5 ml.min⁻¹, alors que les débits de circulation des solutions dans les autres circuits (receveur R, donneur D et électrodes E) est 240 ml.min⁻¹. La densité de courant appliqué est 2 mA.cm⁻².

Les formules utilisées pour les calculs des taux d'épuration (T^E en %) et des facteurs de concentration (F^C) sont les suivantes:

$$T^E = 100 \frac{C^E - C^S}{C^E} \quad (1)$$

$$F^C = \frac{C^R}{C^E} \quad (2)$$

3. RESULTATS Et DISCUSSION

3. 1. Propriétés physico-chimiques de la membrane CMX:

Les propriétés physico-chimiques de la membrane CMX (nombre d'ions fixés N_f , nombre d'ions sorbés N_s , Teneur en eau Te et résistance électrique R) ont été déterminées à l'équilibre au contact de solutions des ions Pb^{+2} (0,1M). Les résultats sont rassemblés dans le tableau 1.

Nous avons également étudié l'influence de la concentration de l'électrolyte externe sur le nombre d'ions sorbés. Plusieurs concentrations ont été testées 0,01 ; 0,05 ; 0,1, 0,5 mole.L⁻¹.

Les résultats montrent que le nombre d'ions sorbés augmente avec l'augmentation de la concentration de la solution externe. La présence d'un nombre d'ions relativement important dans la solution externe fait pousser l'électrolyte à pénétrer dans le milieu interstitiel de la membrane, ce qui augmente significativement la concentration des ions sorbés.

3. 2. Essais d'électropermutation :

Nous avons étudié l'influence de la nature de l'électrolyte régénérant (électrolyte qui circule dans le compartiment donneur) sur l'efficacité d'électroextraction des cations Pb^{+2} des solutions diluées par électropermutation. Trois électrolytes ont été testés ; l'acide nitrique, l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique.

On constate qu'au début des expériences d'EP les courbes tension en fonction du temps montrent des augmentations plus ou moins remarquables selon la nature de l'électrolyte

utilisé puis la tension commence à diminuer, ensuite elle demeure constante jusqu'à la fin de l'expérience (figure 2).

Les pH à la sortie du compartiment diluat et dans le compartiment receveur montrent des légères variations (figures 3 et 4).

Les allures des courbes de variation des conductivités en fonction du temps obtenues avec l'électrolyte H_2SO_4 et HCl à la sortie du compartiment diluat sont semblables. Les minimums enregistrés correspondent à la même durée de fonctionnement (figure 5).

Pour l'électrolyte H_2SO_4 on a constaté la formation de précipité de sulfate de plomb sur la surface de la membrane côté receveur et qui pourrait avoir des conséquences néfastes sur la membrane.

L'ensemble de ces résultats nous a permis de choisir l'électrolyte HNO_3 comme électrolyte régénérant pour les expériences ultérieures (taux d'épuration élevé et facteur de concentration important).

Liste des symboles

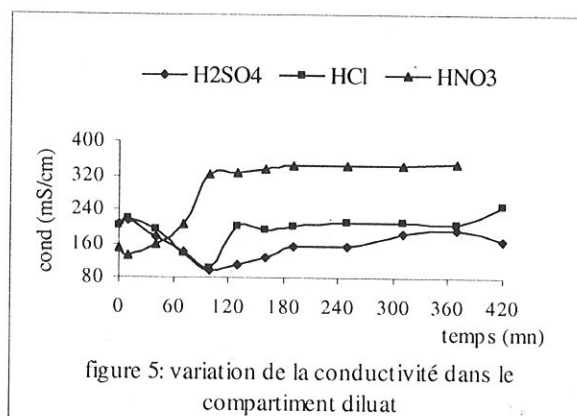
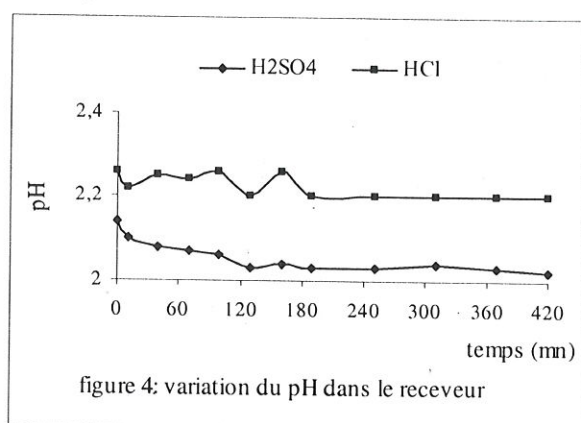
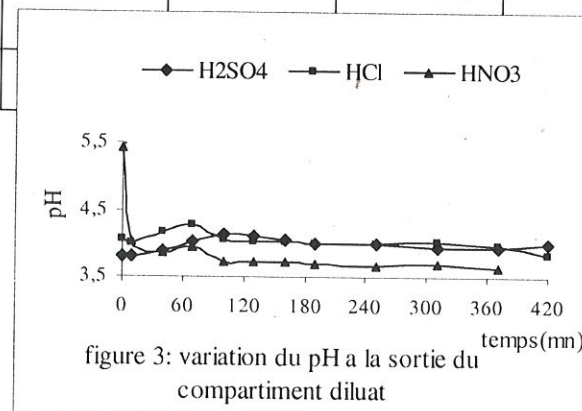
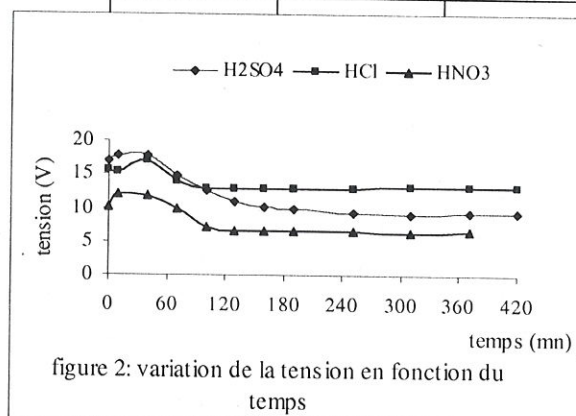
T^E	Taux d'épuration
F^C	Facteur de concentration
C^E	Concentration à l'entrée
C^S	Concentration à la sortie
C^R	Concentration dans le receveur
CE	Capacité d'échange
N_f	Nombre d'ions fixés
N_s	Nombre d'ions sorbés
Te	Teneur en eau
R	résistance électrique

propriétés	$CE\ Na$ meq.g ⁻¹	N_f meq.g ⁻¹	N_s meq.g ⁻¹	Te (%)	$R\ Pb^{+2}$ ($\Omega.cm^2$)	$R\ Na^+$ ($\Omega.cm^2$)
CMX	1,83	1,68	0,3	23,64	8,59	3,5

Tableau 1: Propriétés physico chimiques de la membrane CMX au contact de solutions de Pb^{+2}

Tableau 2: comparaison des taux d'épuration et des facteurs de concentration des électrolytes HCl, H₂SO₄ et HNO₃

	C^E mg.L-1	C^S mg.L-1	C^R mg.L-1	T^E %	F^C
HCl	40	< 1	34,68	97,5	0,87



4. CONCLUSIONS ET PERSPECTIVE :

L'électroperméation est une technique électromembranaire qui associe l'échange d'ions à l'électrodialyse. Ce travail vise à mettre en évidence la faisabilité de l'électroperméation à l'élimination et la concentration des cations de plomb (II) à partir de solutions diluées.

L'étude expérimentale porte sur l'étude des propriétés physico-chimiques de la membrane CMX et son comportement vis à vis des solutions de cation plomb et l'étude de l'influence de la nature de l'électrolyte régénérant sur l'efficacité du procédé. Cette dernière montre que l'électrolyte HNO₃ est le mieux adapté à ce procédé.

Le but de ce travail est la récupération des cations métalliques des solutions diluées par électrodépositions après les avoirs concentrées par électroperméations.

5. BIBLIOGRAPHIES:

Basta K., Aliane A., Lounis A., Sandeaux R., Sandeaux J., Gavach C., Electroextraction of Pb^{+2} ions from diluted solutions by a process combining ion-exchange textiles and membranes, *Desal.*, N° 120, p. 175 – 184, 1998.

Berdous D., Akreche D.E., Recovery of metals by Donnan dialysis with ion exchange textiles, *Desal.*, N° 144, p. 213 – 218, 2002.

Erdem E., Karapinar N., Donat R., The removal of heavy metal cations by natural zeolites, *J. Collo. Interf. Scie*, N° 280, p. 309 – 314, 2004.

Ezzahar S., Cherif A. T., Sandeaux J., Sandeaux R., Gavach C., Continuous électropermutation with ion exchange textiles, *Desal*, N° 104, p. 227 – 233, 1996.

Institut national de l'environnement industriel et des risques, Plomb et ces dérivés, *Fiche de données toxicologique et environnementales des substances chimiques*, N° 2, 1996, p.4 –33, 1996.

Lacour S., Bollinger C., Serpaud B., Removal of heavy metals in industrial wastewaters by ions exchanger textiles, *Analy. Chem. Acta*, N° 428, p. 121 – 132, 2001.

Mohammadi T., Razmi A., Sadrzadeh M., Effect of operating parameters on Pb^{2+} separation from wastewater using

electrodialysis, *Desal.*, N° 167, p. 379 – 385, 2004.

Mubarak A. A., El-Shazly A. H., Konsowa A. H., Recovery of copper from industrial waste solution by cementation on reciprocating horizontal perforated zinc disc, *Desal*, N° 167, p. 127 – 133, 2004.

Picard J., paquay E., Degres M., Recycling by electrodialysis : from lab to industrial applications, *Desal.*, N° 149, p. 393 – 398, 2002.

Santarosa V.E., Peretti F., Caldart V., Zoppas J., Zeni M., Study of ion selective membranes from electrodialysis removal of industrial effluent metals (II): Zn and Ni, *Desal.*, N° 149, p.389-391, 2002.

Smara A., Delimi R., Poinsignon C., Sandeaux J., Electroextraction of heavy metals from diluted solutions by a process combining ion-exchange resins and membranes, *Separ. Purif. Tech*, N° 44, p. 271-277, 2005.

Spoor P. B., Grabovska L., Koene L., Janssen L. J. J., Ter Veen W. R., pilot scale deionisation of galvanic nickel solution using a hybrid ion-exchange/electrodialysis system, *Chem. Ing. J.*, N° 89, p. 193 – 202, 2002.

Strathmann H., Kock K., Effluent free regeneration of Pb charged ion exchange resin by electrodialysis, *J. Poly. Prep. Am. Chem. Sos. Div. Poly. Chem*, p. 105 -106, 1980.

Verbych S., Hilal N., Sorokin G., Leaper M., Ion Exchange Extraction of Heavy Metal Ions from Wastewater, *Separ. Scie. Techn*, N° 39, p. 2031 – 2040, 2004.

Zamboulis D., Pataroudi S. I., Zamboulis A. I., Matis K. A., The application of sportive flotation for the removal of metal ions, *Desal*, N° 162, p. 159–168,2004.