

Utilisation d'un nouveau bio-floculant extrait du cactus marocain dans le traitement des rejets chargés de chrome (VI) par le procédé de coagulation floculation

A. Abid*, A. Zouhri et A. Ider

Laboratoire des Procédés de Valorisation des Ressources Naturelles, des Matériaux et Environnement
Département de Chimie Appliquée et Environnement
Faculté des Sciences et Techniques de l'Université de Settat, B.P. 577, Maroc

(reçu le 31 Mai 2008 - accepté le 30 Juin 2008)

Résumé - Dans ce travail, nous avons utilisé un nouveau floculant organique biodégradable extrait de jus de cactus (figuiers de barbarie, voir photo ci-dessous), dans un procédé physico-chimique (coagulation floculation) afin de traiter des rejets liquides chargés en chrome (VI). Ce bio floculant nous a permis de réduire la turbidité d'un effluent industriel, en passant de 100 NTU à des valeurs au dessous de 2 NTU. L'étude a été réalisée sur des échantillons pseudo industriels préparés au laboratoire et des échantillons industriels issus d'une unité de traitement de surface (chromage). L'étude comparative entre le floculant organique et le floculant industriel PPRQESTOL[®] 2515.TR (floculant à base d'acrylamide et acrylate de sodium), a montré que notre bio floculant aboutit à des résultats satisfaisants au niveau du pouvoir de floculation. Une neutralisation et coagulation avec la chaux, suivi par une floculation, puis une décantation, pour la solution du chrome (VI) réduit en chrome (III) a montré un effet très significatif sur l'abattement de la turbidité et un pourcentage de rétention de chrome (VI) de plus de 99,5 %. Les résultats obtenus sont très encourageants et incitent notre équipe de recherche à développer cet axe de recherche afin de mettre en place des procédés alternatifs propres pour le traitement des eaux d'une manière générale et qui en même temps permettent la valorisation des ressources naturelles nationales.

Abstract - In this work, we used a new biodegradable organic flocculating agent we extracted from the juice of prickly pear, in a physicochemical process (coagulation- flocculation) in order to treat liquid rejections charged with chromium (VI). This bio flocculant helps reduce the turbidity of industrial effluents, making it pass from 100 NTU to values below 2 NTU. The tests were carried out on pseudo-industrial samples prepared at the laboratory and samples from a surface treatment unit. The comparative study of the organic flocculating agent with the industrial flocculating agent PPRQESTOL[®] 2515.TR (containing acrylamide and acrylate of sodium), showed the bio flocculant's very good competitiveness and its strong capacity of flocculation. Neutralization and coagulation with lime, followed by flocculation then decantation, for the solution of chromium (VI) reduced to chromium (III), showed a very significant effect on the abatement of turbidity and a percentage of chromium (VI) retention of more than 99,5 %. This work brings to satisfactory results which incite our team to further research in order to boost our national natural resources by using alternate proper processes for water treatment.

Mot clés: Effluent industriel - Chrome (VI) - Turbidité - Cactus - Bio floculant - Traitement - Coagulation floculation.

1. INTRODUCTION

L'environnement et les équilibres naturels sont à la base du développement social et humain. Dans ce cadre et pour une vraie stratégie de développement durable de l'environnement dans son double aspect; gestion des ressources naturelles et des différents rejets, on doit rassembler nos efforts pour la valorisation des ressources naturelles [1, 2, 10].

Afin de répondre à ces objectifs, nous avons étudié la possibilité de valoriser un produit actif d'une plante naturelle, en tant que floculant naturel, utile dans le traitement physico-chimique 'coagulation-floculation' des effluents liquides, (Fig. 1).

* ablazl@yahoo.fr

Dans cette optique de traitement de ces rejets, de nombreux travaux [3, 4, 7, 9, 13] ont été effectués afin d'éliminer les ions métalliques par voie physicochimiques. Les résultats obtenus étaient assez satisfaisants, mais les procédés suivis sont plus ou moins compliqués et nécessitent l'utilisation de nombreux produits chimiques en plusieurs étapes et parfois sont trop chères.

Nous avons proposé ce travail pour l'amélioration de la technique coagulation – floculation, d'une part en simplifiant le nombre des étapes suivies et d'autre part en introduisant un nouveau flocculant. Nous envisageons également de valoriser les substances naturelles de notre région (centre et sud du Maroc), minimiser l'effet toxique des produits chimiques (chlorure de fer et sulfate d'alumine), respecter les normes de plus en plus rigoureuses [4, 5] et réduire le coût de traitement des effluents industriels.

Dans ce contexte, nous avons mis en place des procédés d'élimination des ions métalliques par association des deux étapes de neutralisation et de coagulation par la chaux en utilisant comme agent flocculant le nouveau produit extrait des cactus marocains 'figuier de barbarie'.



Fig. 1: Vue d'un champ de cactus (figuiers de barbarie), situé entre Casablanca et Marrakech

L'objectif de notre travail, était d'une part, la mise en évidence de l'efficacité d'un nouveau flocculant naturel biodégradable, grâce à une étude comparative avec un flocculant usuel à base d'acrylamide [2] très utilisé dans le traitement des rejets industriels et d'autre part, le traitement physico-chimique 'coagulation - floculation' des eaux résiduaires pseudo industrielle et industrielle chargées de chrome (VI).

2. MATERIELS ET METHODES

Le flocculant organique (bio-organique) est extrait du cactus qui pousse dans le centre du Maroc. Le produit à l'état naturel est un liquide visqueux de coloration verte, de pH égal à 6.5, miscible à l'eau. Sa masse volumique est égale à 1,008 kg/l. Son analyse réalisée par spectroscopie UV a donné le spectre ci-dessous (Fig. 2).

Dans ce travail, l'extraction du flocculant organique a été réalisé selon les étapes suivantes:

- Broyage du cactus après nettoyage,
- Extraction du jus de cactus par filtration au tamisage,
- Dilution de jus dans de l'eau à 10% et homogénéisation par agitation pendant 15 à 20 minutes.

Le mélange obtenu est relativement stable, il peut conserver sa capacité de floculation pendant plusieurs jours, en dehors de tout système de conservation.

Le matériel utilisé est le suivant:

- Turbidimètre de marque Hanna LP2000-11;
- pH-mètre Accumet Basic de marque AB15;
- Système Jar-test (Model ISCO RPM/OPM);
- Spectrophotomètre UV-Visible, type UV-160 mode Shimadzu.

Les essais de traitement ont été effectués à température ambiante.

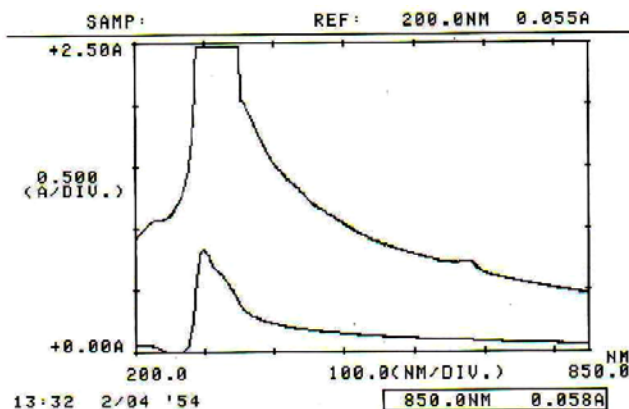


Fig. 2: Spectres d'absorbance UV de jus de cactus vers 300 nm
Jus à 100 % (pic du haut), jus à 10 % dans l'eau (pic du bas)

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 Evaluation du pouvoir flocculant de jus de cactus

Afin de comparer le pouvoir flocculant de notre réactif avec d'autres, couramment utilisés, nous avons, dans un premier temps, mené notre étude sur une solution pseudo-industrielle à 100 ppm en Cr (VI). Au cours de cette première étape, la formation des floccs, de leurs tailles ainsi que l'évolution de la concentration en chrome ont été suivies (**Tableaux 1 et 2**).

L'abattement de la turbidité a été également suivi (Fig. 3). Les essais de coagulation flocculation ont été menés par le système Jar-test selon les étapes suivantes:

- Ajustement du pH à 2, suivi d'une réduction du Cr (VI) au Cr (III);
- Ajustement du pH à 9, selon les 6 essais décrits dans les tableaux 1 et 2;
- Ajout de coagulant et/ou flocculant sous une agitation de 100 tr/min pendant 1 à 2 mn, puis une agitation de 40 tr/mn pendant 15 mn préalablement déterminées;
- Précipitation puis analyse du résidu de chrome en solution sous forme de Cr (VI).

Tableau 1: Effet des différents ajouts sur la flocculation et l'élimination du chrome en présence de la chaux: Cas d'une solution pseudo-industrielle à 100 ppm en Cr(VI)

Numéro essai	N°1	N°2	N°3	N°4
Réactifs utilisés	Chaux + 2 ml de jus de cactus dilué	Chaux + FeCl ₃ + 2 ml de jus de cactus dilué	Chaux + 0.1 ml de flocculant industriel à 1 %	Chaux + FeCl ₃ + 0.1 ml de flocculant industriel à 1 %
Observation	Bonne flocculation	Bonne flocculation	Bonne flocculation	Bonne flocculation
[Cr(VI)] ppm	0,3	0,27	0,25	0,32

Tableau 2: Effet des différents ajouts sur la floculation et l'élimination du chrome en présence de la soude: Cas d'une solution pseudo-industrielle à 100 ppm en Cr(VI)

Numéro essai	N°5	N°6
Réactifs utilisés	NaOH + FeCl ₃ + 2 ml de jus de cactus dilué	NaOH + FeCl ₃ + 0.1 ml de floculant industriel à 1 %
Observation	Bonne floculation	Floculation moyenne
[Cr(VI)] ppm	0,4	0,3

Pour les essais (1 à 4), ils ont été réalisés soit en présence de la chaux seule ou avec de la chaux et le chlorure de fer. Et les résultats obtenus, montrent une très bonne et immédiate floculation de même ordre de grandeur pour les deux floculants.

Quant aux essais (5 et 6), nous avons utilisé la soude en tant que neutralisant et le chlorure de fer comme coagulant, la floculation est moins bonne pour le produit industriel (essai 5) alors que pour le produit bio-organique, la floculation est fortement importante (essai 6).

L'ensemble des essais, montre donc que le jus de cactus présente une très bonne capacité de floculation en présence de la chaux seule ou mélangée avec le chlorure de fer.

L'efficacité de ce liquide est comparable à celle des floculants industriels, tel que le PPRQUESTOL^R 2515.TR après neutralisation et coagulation avec la chaux.

3.2 Traitement des rejets industriels chromés issus d'une unité de traitement de surface (chromage)

Nous avons mené notre étude sur 2 échantillons issus d'un rejet industriel à différentes teneurs en Cr (VI) à 22 ppm et à 97 ppm.

Les concentrations en Cr (VI) avant et après traitement sont représentées dans le **Tableau 3**. L'évolution de la turbidité (Fig. 3 et 4) et les absorbances (Fig. 5 et 6) ont été également suivies.

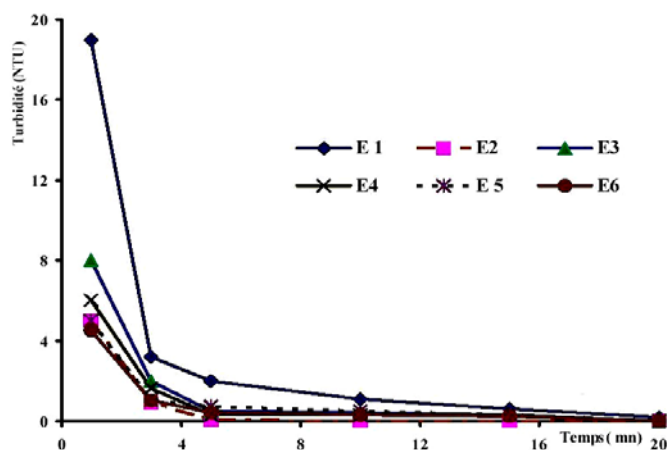


Fig. 3: Suivi de l'abattement de la turbidité pour les 6 essais en fonction du temps de la sédimentation: Cas d'une solution pseudo industrielle à 100 ppm en Cr (VI)

Tableau 3: Echantillons industriels chargés en chrome (VI) traités par le floculant organique et le floculant industriel

	Echantillon 1		Echantillon 2	
	Floculant Ind.	Floculant Org.	Floculant Ind.	Floculant Org.
[Cr(VI)] ppm avant	22	22	97	97
[Cr(VI)] ppm après	0,4	0,35	0,5	0,4

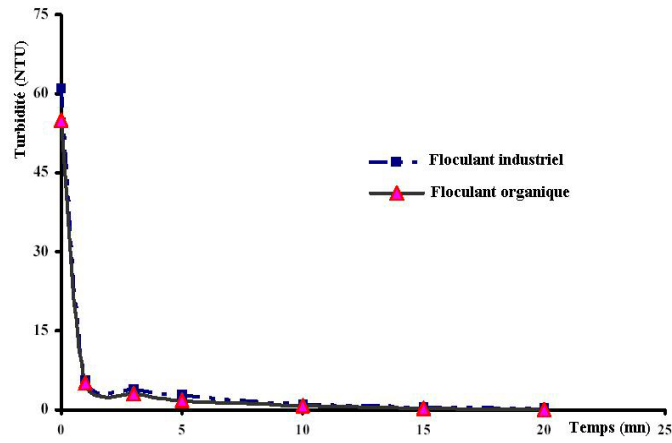


Fig. 4: Evolution de la turbidité en fonction du temps de sédimentation: Cas de l'échantillon 1 (97 ppm en Cr (VI)) traité par les deux flocculants

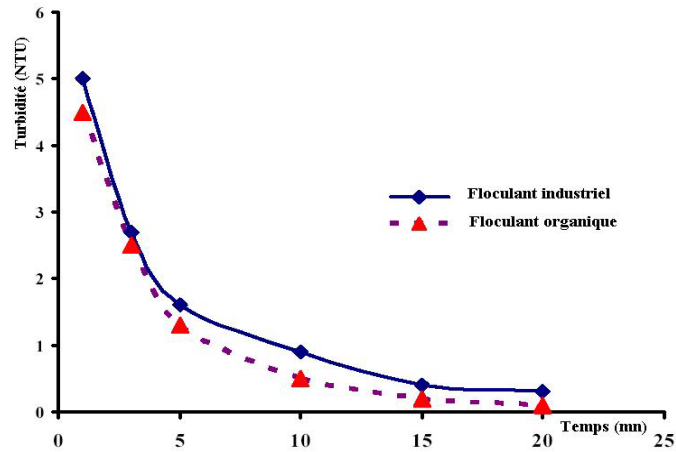


Fig. 5: Evolution de la turbidité en fonction du temps de sédimentation Cas de l'échantillon 2 (22 ppm en Cr (VI)) traité par les deux flocculants

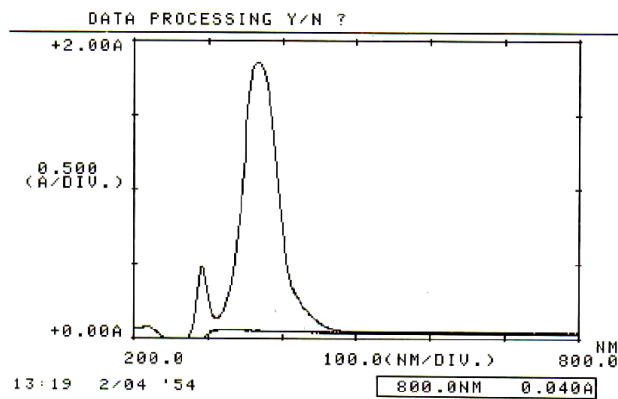


Fig. 6: Spectre UV de l'échantillon industriel (97 ppm en Cr (VI)) avant et après traitement avec le flocculant industriel

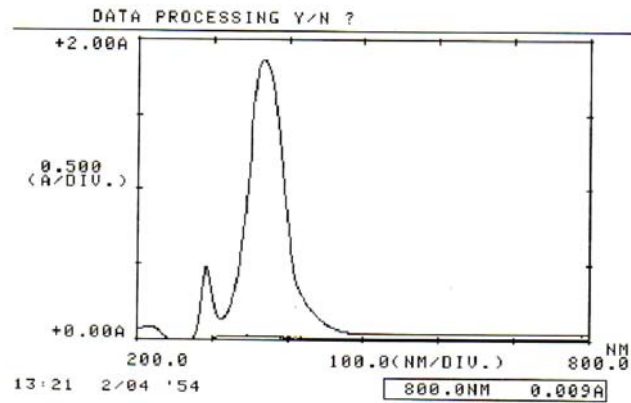


Fig. 7: Spectre UV de l'échantillon industriel (97 ppm en Cr (VI)) avant et après traitement avec le flocculant bio-organique

D'après les figures 3 et 4, on constate que l'efficacité du flocculant organique biodégradable vis-à-vis de l'abattement de la turbidité est légèrement significative par rapport à celle obtenue dans le cas du flocculant industriel à base de polyacrylamide PPRQUESTOL^R2515.TR.

Nous constatons également que le pourcentage d'élimination de chrome des deux flocculants est de 98.50 à 99.50.

D'après les figures 5 et 6, on voit très bien que les complexes formés par les deux flocculants et le chrome absorbent dans la même zone (370-380 nm), alors que dans le cas de jus cactus l'absorbance est de l'ordre 300 nm. Ce qui traduit une interaction ; jus de cactus-chrome (VI).

Les résultats relatifs à l'abattement de la turbidité présentés sur les deux dernières figures, sont en nette cohérence avec les spectres UV présentant une très faible absorbance dans le cas de l'échantillon traité.

On peut noter que le flocculant de jus de cactus est relativement avantageux par rapport au flocculant industriel.

4. CONCLUSION

Ce travail présente une étude originale, car il permettra:

D'une part, une contribution intéressante dans le domaine de la valorisation des ressources naturelles de notre pays.

D'autres part, il permet la possibilité d'introduire un nouveau réactif biodégradable dans le processus de traitement physicochimique par procédé de coagulation floculation.

Nous espérons par ce travail remplacer certains coagulants inorganiques largement appliqués dans le domaine de traitement des eaux et ayant des inconvénients sur l'environnement et en particulier la santé humaine.

Les avantages d'un traitement avec le jus de *cactus (figuier de barbarie)* seront nombreux. De plus, ce procédé sera rentable et s'introduira dans le développement durable dans les régions où les cactus sont cultivés à grande échelle.

Parmi les autres avantages, on peut éviter des modifications relatives aux propriétés physicochimiques de l'échantillon traité ainsi que la boue récupérée sera biodégradable et exempte de fer ou d'aluminium et de polymères chimiques.

Le jus de cactus aura donc une forte possibilité d'être une alternative aux coagulants et flocculants chimiques.

REFERENCES

- [1] Jingdong Zhang, Fang Zhang, Yunhong Luo and Hong Yang, 'A Preliminary Study on Cactus as Coagulant in Water Treatment', *Process Biochemistry*, Vol. 41, pp. 730 – 733, 2006.
 - [2] A. Diaz, N. Rincon, A. Escorihuela, N.H. Fernandez, E. Chacin and C.F. Foter, 'A Preliminary Evaluation of Turbidity Removal by Natural Coagulate Indigenous to Venezuela', *Process Biochemistry*, Vol. 35, pp. 391 – 395, 1999.
 - [3] F. Edeline, 'L'Épuration Physico-Chimique des Eaux', Edition Cebedoc, 4^{ème}, 1993.
 - [4] J. Bontoux, 'Introduction à l'Etude des Eaux Douces', Edition Cebedoc, 4^{ème}, 1993.
 - [5] Document du Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Eau et de l'Environnement, 'Les Nouvelles Lois de Protection de l'Environnement', Maroc, 2003.
 - [6] J. Rodier, 'Analyse de l'Eau', 8^{ème} Edition, 1996.
 - [7] A. Zouhri, 'Utilisation de l'Ether Couronne DC18-6 pour la Récupération Sélective de l'Acide Chromique à Partir des Effluents de Traitement de Surface (Chromage)', Doctorat de l'Université Louis Pasteur, Strasbourg, 1994.
 - [8] A. Rezeg et S. Achour, 'Indice de la Minéralisation des Eaux dans l'Élimination d'Acides Organiques Aromatiques par Coagulation Flocculation', *Watmed2- Marrakech*, 14-17 Novembre, 2005.
 - [9] L. Youcef et S. Achour, 'Traitement des Eaux Fluorées du Sud Algérien par Combinaison Chaux/Sulfate d'Aluminium', *Watmed2- Marrakech*, 14-17 Novembre, 2005.
 - [10] M. Mountadar, S. Jamjami et A. Nejemeddine, 'Traitement d'un Effluent Industriel Fluoré, Déchet', *Revue Francophone d'Ecologie Industrielle*, N°30, pp. 25 – 28, 2^{ème} Trimestre, 2003.
 - [11] S. Benzizoune, A. Yatribi, B. Achour et A. Srhiri, 'Essai d'Épuration des Eaux Usées Brutes par une Plante Aquatique Enracinée sous Climat Tempéré: Cas du Roseau', *Watmed2- Marrakech*, 14-17 Novembre, 2005.
 - [12] S. Kholtei, A. Bouzidi, M. Fekhaoui, K.R. Anane et E.E. Creppy, 'Contaminations des Eaux Souterraines de la Plaine Berrechid dans la région de Chaouia, au Maroc, par des Métaux Présents dans les Eaux Usées', *Effet de la Pluviométrie, Vecteur Environnement*, Vol. 36, N°5, pp. 68 – 79, Septembre 2000.
 - [13] R. Desjardins, 'Le Traitement des Eaux', 2^{ème} Edition.
 - [14] Fiche Technique, 'Floculant PRAAESTOLR2515.TR', Degussa, Stockausen, Division Traitement des Eaux.
- (<http://loindetout.free.fr/images/photos/maroc2003/maroc4.jpg>)