

Substitution des flocculants chimiques par le cactus dans le procédé de traitement par coagulation-floculation des rejets industriels de textile

Aziza Abid ^{1*} et Abdeljalil Zouhri ²

¹ Laboratoire d'Ingénierie des Procédés et Optimisation des Systèmes Industriels, LIPOSI
Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Khouribga, ENSAK
Université Hassan Premier Settat, Bd Béni Amir, B.P. 77, Khouribga 25000, Maroc

² Laboratoire des Procédés de Valorisation des Ressources Naturelles, des Matériaux et Environnement,
Faculté des Science et Technique de Settat (FSTS), Université Hassan Premier, Settat, Maroc

(reçu le 10 Janvier 2017 - accepté le 3 Février 2017)

Résumé - Les effluents industriels présentent une forte charge en pollution carbonée et en colorants qui nécessitent un traitement avant toute décharge dans le milieu récepteur. Dans cette étude, nous nous intéressons à la valorisation de jus cactus (*Opuntia ficus indica*) en tant que substance naturelle utilisée dans ce genre de traitement. Le procédé coagulation-floculation a été choisi pour introduire le jus de cactus comme un flocculant biodégradable (bio-flocculant). Le traitement est réalisé en deux étapes principales. L'ajustement de pH avec la chaux et/ou l'acide sulfurique puis la floculation avec le jus de cactus. Les paramètres qui ont été étudiés au cours de ce travail sont le pH, la turbidité, la DCO et l'absorbance des colorants de rejets textiles. Les résultats obtenus ont permis d'obtenir un taux d'élimination des colorants voisine les 90%, un pourcentage d'abattement de la turbidité de 97 % et une élimination de DCO d'ordre 66 %.

Abstract - Industrial effluents have a high load of carbon pollution and dyes that require treatment before discharge into the receiving environment. In this study, we focused on *Opuntia ficus indica* juice valorisation as a natural substance used in such treatment. The coagulation-flocculation method was chosen for introducing the *Opuntia ficus indica* juice as a biodegradable flocculant (bio-flocculant). Processing is carried out in two main stages. The first stage is the pH adjustment with lime and / or sulfuric acid and then the flocculation with the *Opuntia ficus indica* juice. The parameters that were studied in this work are pH, Turbidity, COD, absorbency of dyes in textile effluents. The results obtained made it possible to obtain a dyestuff removal rate close to 90%, 97% percentage of turbidity abatement and an COD removal in the order of 66% for textile releases.

Keywords: Bio-flocculant - *Opuntia ficus indica* - Coagulation-Flocculation - Effluent textile - Treatment.

1. INTRODUCTION

Les travaux de recherche pour l'exploitation de cactus dans les domaines alimentaires et fourragères sont nombreux [1-33]. Mais nous n'avons pas le même degré d'exploitation de cactus marocain pour le traitement des eaux.

Dans notre travail, nous avons exploité le jus de cactus directement et nous avons montré, le pouvoir mutuel coagulant/flocculant de ce jus dans le traitement des rejets industriels de traitement de surface [4] et de textile afin de définir une nouvelle exploitation environnementale de notre plante.

Nous présenterons dans cette étude quelques résultats de la préparation, la séparation, l'analyse de notre nouveau coagulant bio-flocculant et les essais de traitement sur un rejet textile afin de tirer des constats sur la nature et la fonction de notre produit naturel.

* ab1az1@yahoo.fr

2. MATERIELS ET METHODES

2.1 Matériels

L'étude expérimentale dans ce travail a été réalisée à l'aide des appareillages suivants:

- Turbidimètre de marque Hanna LP2000-11,
- pH-mètre Accumet Basic de marque AB15,
- Système Jar-test (Model Isco Rpm / OPM). Comportant six postes menus chacun d'un béccher de 1 litre et un agitateur à hélice, le système est adopté par un variateur de vitesse et d'une minuterie,
- Centrifugeuse de marque Tecno Verto, ALC 6000 tr,
- Spectroscopie IR de marque Perkin Elmer; il s'agit d'un spectrophotomètre Infrarouge à double faisceaux, avec la source qui est un filament incandescent qui émet sur l'ensemble du spectre infrarouge. Elle permet d'avoir un spectre de la transmittance (T%) en fonction de la fréquence.
- Spectrophotomètre type UV-160 mode Shimadzu; Les longueurs d'onde maximales sont obtenues directement par balayage automatique entre 200 et 800 nm.

2.2 Méthodes

2.2.1 Préparation de jus de cactus (bio-floculant)

En effet, le coagulant bio-floculant utilisé dans ce travail est un extrait de cactus qui pousse dans le centre du Maroc région de Settat. L'extraction a été réalisée selon les étapes suivantes:

- Nettoyage des raquettes de cactus,
- Broyage,
- Filtration (filtres poreux de 400 à 500 μm),
- Dilution de jus dans l'eau à 10 % puis agitation pendant 15 à 20 minutes.

Le bio floculant dans son état brut, est un liquide visqueux de coloration verte, de teneur en eau de 95%, de pH égal à 6.5, miscible à l'eau et sa masse volumique est de 1.023 kg/l.

L'analyse de la dureté de jus de cactus (95 % en eau) par dosage complexométrique montre une concentration importante en cations bivalent (Ca^{2+} , Mg^{2+} ...), elle est de l'ordre de 7000 mg/l (0.7 %), cela montre que le jus de cactus est très riche en minéraux bivalents notamment le calcium, le magnésium et le fer. Cette composition en ions cationiques pourrait lui confère un caractère coagulant.

2.2.2 Séparation et analyse du bio-floculant

Pour séparer la molécule active de jus de cactus, nous sommes basés sur les méthodes de séparation notamment la centrifugation et l'extraction liquide-liquide. Après chaque opération de séparation, un test de coagulation floculation a été effectué pour s'assurer de la présence et de la stabilité de la molécule à caractère coagulant floculant. Les tests sont effectués sur une solution chargée en chlorure de nickel préalablement neutralisé avec la chaux à pH 9.

Le jus de cactus a subi une centrifugation pendant 4 heures sous une vitesse d'agitation de 6000 tr/min. Après la centrifugation nous avons constaté une diminution de la coloration avec le temps et l'apparition d'un précipité blanc et d'un autre vert.

La diminution de la coloration verte peut être expliquée par la décantation d'une partie des colloïdes colorés (chlorophylles). Le surnageant obtenu de densité volumique 1,02 kg/l, montre un pouvoir floculant important dans le test de traitement.

Après nous avons procédé à une séparation liquide - liquide des constituants de surnageant à l'aide d'un solvant non miscible à l'eau. Pour cela, nous avons mis en contact dans une ampoule à décanter un volume de 50 ml de surnageant de jus de cactus à 20 % dans l'eau distillée et 50 ml de l'acétate d'éthyle de densité volumique 0.899 et pureté de 99.5 % (C₄H₈O₂). Après 20 mn d'agitation suivi de 10 mn de décantation, nous avons constaté en premier lieu un déplacement total de la coloration de la phase aqueuse vers la phase organique de l'acétate d'éthyle. Le test de floculation montre que le floculant est plus soluble dans l'eau.

Le spectre infrarouge de la phase aqueuse riche en biofloculant (figure 1) montre la présence des bandes importantes aux fréquences:

- 3293 cm⁻¹, cette bande caractérise les amines secondaires (N-H);
- 2358 cm⁻¹ et 2120 cm⁻¹, ces bandes caractérisant les groupements OH (eau);
- 1378 cm⁻¹, cette bande caractérise une amine liée au radical -CH₃ (N- CH₃);
- 1220 et 1020 cm⁻¹, ces bandes caractérisant les amines aliphatiques (N-R).

L'absence des bandes caractérisant les groupements amines dans le spectre de la figure 2 confirme le test négatif de la floculation par la phase organique de l'extraction liquide-liquide, et par la suite l'absence de notre bio floculant dans cette phase.

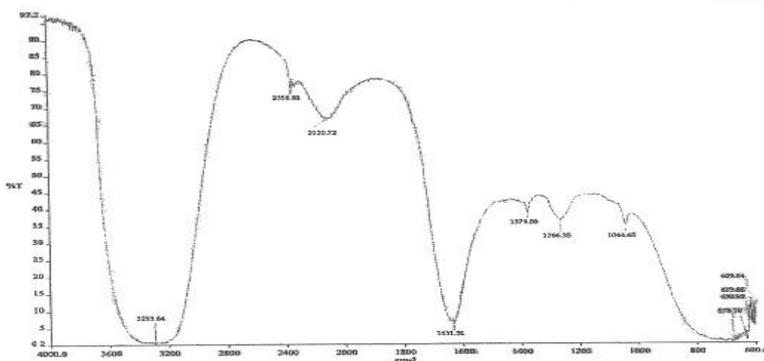


Fig. 1: Spectre IR de la phase aqueuse

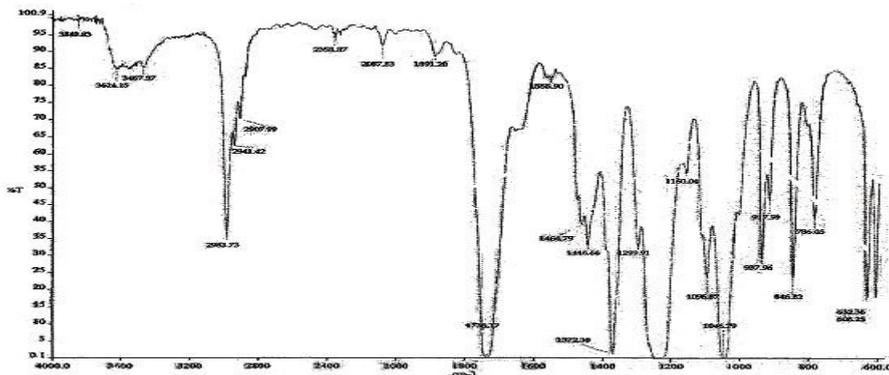


Fig. 2: Spectre IR de la phase organique

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 Traitement

Nous avons procédé au traitement du rejet de textile à différents pH à l'aide du système jar-test. Après l'ajustement du pH de la coagulation-floculation avec la chaux, nous avons ajouté une dose de 0.5 ml de jus de cactus à 10 % à un litre d'échantillon à traiter. Cette dose donne une bonne formation des macro-flocs en termes de rapidité et de taille. L'ajout du bio-floculant se fait sous une agitation lente de 40 tr/mn, les flocs atteignent leurs tailles maximales au bout de 10 minutes d'agitation au maximum.

3.2 Caractérisation du rejet de textile

Nous avons prélevé un échantillon pendant l'activité normale d'une unité industrielle de textile installée au centre du Maroc. Nous procédons à leur caractérisation avant de procéder à une étude sur l'éventualité de leurs traitement physico-chimique par notre floculant.

Les principaux paramètres physico-chimiques de l'échantillon sont données dans le **Tableau 1**. L'analyse montre que cet rejet demande un traitement avant la sortie de l'usine.

Tableau 1: Caractérisation physico-chimique de l'échantillon

Paramètres	Valeur obtenue
pH	7.9
Conductivité	6.24
Turbidité	280 NTU
Absorbance à 320 nm	2.027
Absorbance à 380 nm	1.275
Absorbance à 630 nm	0.655

3.3 Résultats de traitement

3.3.1 Suivi de la turbidité en fonction du pH

D'après l'analyse de la figure 3, on constate que le rendement de traitement n'est pas satisfaisant dans la zone de pH inférieur à 8. L'abattement ne dépasse pas les 40 %. Ce résultat est en accord avec la difficulté de formation de flocs observée au cours de traitement.

A partir des valeurs pH supérieur à 8; nous avons obtenu un très fort pourcentage d'abattement qui dépasse les 95 %. Dans ces conditions et pour des valeurs de pH supérieures à 10; les eaux obtenues ont une turbidité de 3 NTU qui correspond à un abattement de 98 %.

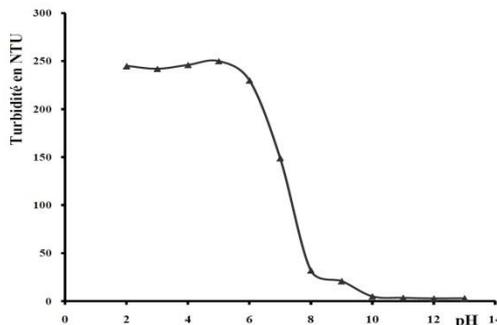


Fig. 3: Suivi de la turbidité en fonction du pH de traitement

3.3.2 Suivi de l'absorbance en fonction de pH

Les résultats obtenus sur la figure 4, montrent la même évolution des trois (03) composés chromophores qui se traduit par une diminution systématique des trois courbes obtenues. On constate que la variation de pH pour les valeurs allant de 2 à 7 n'a pas d'effet significatif sur l'atténuation de la couleur de cette solution à traiter.

Dans cette zone, on peut noter un léger abattement sur la disparition de la couleur qui ne dépasse pas les 5 à 10% de l'absorbance. Par contre dans la zone de pH basique, on obtient des très faibles absorbances, ce qui signifie une forte élimination des colorants de rejets textile. Le pourcentage d'élimination pour les composés varie entre 85 à 95 % pour pH plus de 10. Ces importants résultats sont en concordance avec les spectres UV_{Visible} de la figure 5.

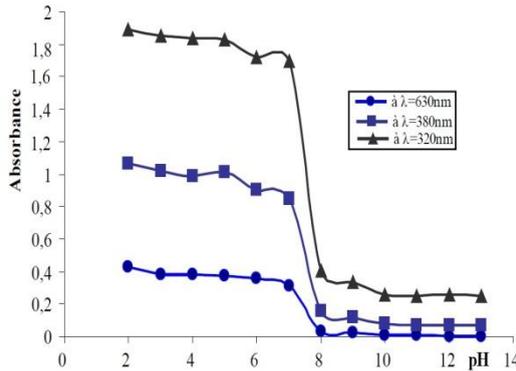


Fig. 4: Suivi des absorbances en fonction de pH à 03 différentes longueurs d'onde d'absorbance après une heure de décantation

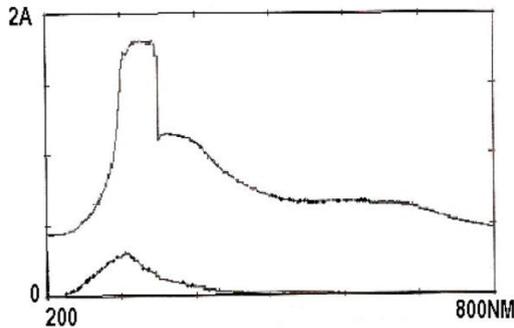


Fig. 5: Spectre d'absorbance de l'échantillon avant et après traitement à pH 11

D'après cette figure 5, représentant les deux spectres établis avant (en haut) et après traitement (en bas), nous confirmons que le colorant représenté par la bande d'absorbance à 320 nm n'est pas totalement détruit par ce traitement.

Un léger résidu de l'ordre 5 à 10 % est toujours présent dans le rejet textile, ce qui nécessite un traitement tertiaire. Ce traitement pourrait être d'ordre biologique ou physico-chimique dans le cas où ce résidu sera jugé indésirable.

Par contre les bandes qui correspondent aux autres composés absorbants dans le visible à 380 nm et 630 nm ont pratiquement disparus avec un pourcentage d'élimination de la coloration qui dépasse les 95 %.

3.3.3 Suivi de la DCO en fonction du pH de traitement

Selon la figure 6, le pourcentage d'élimination évolue d'une manière décroissante pour la zone de pH allant de 2 à 8. A partir des valeurs de pH supérieur à 8, le taux d'abattement devient stagnant en se limitant à une valeur de l'ordre de 65 %.

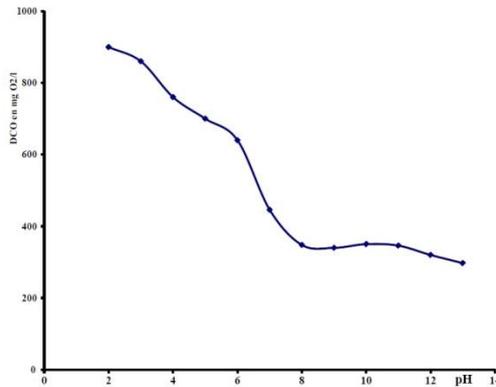


Fig. 6: Suivi de la DCO en fonction du pH de traitement de rejet

4. CONCLUSION

D'après les résultats obtenus au cours de cette étude, nous pouvons tirer les conclusions suivantes:

- Le jus de cactus présente une très bonne capacité de floculation en présence de la chaux seule.
- Le pourcentage d'élimination des colorants des rejets textile est autour de 90 %.
- L'abattement de la turbidité d'ordre 97 %.
- Le taux d'élimination de la DCO, est important tout en dépassant les 60 %.

Nous avons montré dans ce travail que le jus de cactus peut être utilisé comme adjuvant de la coagulation et floculant naturel biodégradable pour le traitement des rejets liquides industriels de textile. Il peut remplacer donc certains coagulants inorganiques largement appliqués et ayant des inconvénients sur l'environnement et en particulier sur la santé humaine.

Les avantages d'un tel traitement avec le jus de cactus (figuier de barbarie), selon un procédé rentable et concurrent dans le développement durable de notre pays; peuvent être nombreux.

Dans cette optique et pour rendre le jus de cactus marocain, une alternative possible aux coagulants et floculant chimiques, nous allons pousser les recherches vers l'identification et la purification du polymère organique responsable de la coagulation et floculation et une valorisation industrielle de ce produit naturel.

REFERENCES

- [1] M. Arba, 'Les Opuntia à Fruits Comestibles dans Certaines Régions du Maroc, le Cactus (Opuntia à Fruit Comestible) Appelé Communément 'Figuier de Barbarie', 22^{ème} Journée Nationale sur la Culture de Cactus, El Kalaa des Sraghna, Maroc, 2000.
- [2] N.A. Alcantar, A.L. Buttice, J.M. Stroot D.V. Lim and P.G. Stroot, 'Removal of Sediment and Bacteria from Water Using Green Chemistry', Environmental Science Technology, Vol. 44, N°9, pp. 3514 - 3519, 2010.

- [3] Z. Jingdong, Z. Fang, L. Yunhong and Y. Hong, '*A Preliminary Study on Cactus as Coagulant in Water Treatment*', *Process Biochemistry*, Vol. 41, N°3, pp. 730 - 733, 2006.
- [4] A. Abid, A. Zouhri et A. Ider, '*Utilisation d'un Nouveau Bio-Flocculant Extrait du Cactus Marocain dans le Traitement des Rejets Chargés de Chrome (VI) par le Procédé de Coagulation - Flocculation*', *Revue des Energies Renouvelables*, Vol. 11, N°2, pp. 251 - 257, 2008.