

Valorisation des argiles Algériennes : Application à l'adsorption des colorants textiles en solution

Belkacem Benguella¹, Benamar Makhoukhi¹

¹Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement, département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Tlemcen Algérie

Abstract:

La demande accrue en eau, ces dernières années, dans la consommation domestique et dans le développement des diverses industries, a donné naissance à de grandes quantités d'eaux résiduaires souvent toxiques, accidentellement ou volontairement, par certains produits chimiques (polluants) d'origine industrielle (colorants hydrocarbures, , métaux lourds...) qui constitue une source de dégradation de l'environnement. Depuis une trentaine d'années, de nombreux laboratoires de différents horizons s'intéressent à la recherche de nouveaux adsorbants à base de matériaux naturels ; parmi ces adsorbants, figure les argiles. Les travaux réalisés ont pour but de tester trois argiles : la bentonite de Maghnia, le kaolin de Mila et l'argile de Djabel Debbagh de Ain Berbar dans le cadre d'éliminer trois colorants acides : le Jaune Bezanyl, le Rouge Bezanyl et le Vert Nylomine qui sont souvent rencontrés dans les effluents de l'industrie textile de Tlemcen. La bentonite est sélectionnée comme le matériau argileux qui présente une capacité élevée pour l'adsorption des colorants utilisés. L'étude est suivie par des modifications de la structure de la bentonite une amélioration dans les performances de l'adsorption de la bentonite est obtenue avec une bentonite traitée en milieu acide et intercalée avec un tensioactif cationique le bromure d'hexadécyltriméthylammonium.

Ce travail est clôturé par l'application des différentes bentonites pour une adsorption des rejets résiduaires de l'industrie textile, les résultats obtenus ont montré l'intérêt pratique de l'utilisation des argiles dans le domaine de la dépollution des eaux contaminées par les colorants

Key Words: adsorption, argile, bentonite, colorants textiles

Valuation of Algerian clay: Application to adsorption textiles dyes in solution

Résumé

The increased demand for water in recent years, both for domestic consumption and for the development of various industries, has given rise to large quantities of wastewater, often accidentally or deliberately contaminated by certain chemicals (pollutants) of industrial origin (hydrocarbon dyes, heavy metals, etc.), which is a source of environmental degradation. Over the past thirty years, many laboratories from different horizons have been looking for new adsorbents based on natural materials, including clays. The aim of this project is to test three clays: bentonite from Maghnia, kaolin from Mila and Djabel Debbagh clay from Ain Berbar, with a view to eliminating three acid dyes: Bezanyl Yellow, Bezanyl Red and Nylomine Green, which are often found in effluents from the Tlemcen textile industry. Bentonite is selected as the clay material with the highest adsorption capacity for the dyes used. The study was followed by modifications to the bentonite structure, and an improvement in bentonite adsorption performance was obtained with an acid-treated bentonite intercalated with the cationic surfactant hexadecyltrimethylammonium bromide.

The work concluded with the application of various bentonites for the adsorption of textile industry wastewater. The results obtained demonstrated the practical value of using clays to clean up water contaminated by dyes.

Mots clés : adsorption, clay, bentonite, textile dyes

¹ Corresponding author: belkacem_71@yahoo.fr

1. INTRODUCTION

Actuellement, les rejets de l'industrie du textile sont lourdement chargés en colorants. Ces derniers sont souvent utilisés en excès pour améliorer la teinture ; de ce fait les eaux de rejet se trouvent fortement concentrées en colorants dont la faible biodégradabilité rend les différents traitements difficilement applicables, ce qui constitue une source de dégradation de l'environnement. Pour le grand public, un effluent coloré est obligatoirement pollué et dangereux [1]. Le danger des colorants réside dans leur accumulation dont résultent des conséquences graves sur les écosystèmes et par la suite sur la santé de l'homme [2]. La Wilaya de Tlemcen possède trois complexes de textiles (Tlemcen, Nédroma et Sebdo), leurs rejets colorés constituent d'énormes nuisances pour la santé humaine. L'élimination des colorants à partir des rejets industriels est très souvent réalisée par des traitements chimiques classiques tels que : la décantation, coagulation-floculation, oxydation,... Les eaux résiduaires traitées par ce procédé contiennent encore des colorants et sont chargées du fait du nombre de réactifs ajoutés. Dans la plupart des cas, ces procédés sont très onéreux. Il est nécessaire de réfléchir à des techniques d'efficacité importante et de coût moins élevé. Les techniques d'adsorption ont été couronnées de succès dans l'abattement des espèces organiques colorées. Actuellement, le charbon actif est l'adsorbant le plus communément employé grâce à son pouvoir adsorbant qui est très important vis-à-vis des colorants, mais l'inconvénient est que le charbon actif coûte cher à cause de sa préparation qui demande des grands investissements (oxydation, broyage, tamisage, activation, conditionnement...) [3]. Les recherches se sont alors orientées vers des procédés de traitement faisant appel à des matériaux naturels moins coûteux. Depuis un demi-siècle, de nombreux laboratoires de différents horizons s'intéressent à la recherche de nouveaux adsorbants à base de matériaux naturels; parmi ces adsorbants, figure les argiles utilisées dans le domaine de traitement des eaux colorées. C'est dans ce contexte que nous nous sommes proposé de tester des adsorbants compétitifs au charbon actif à base d'argiles disponibles en grande quantité dans notre pays du fait de son exploitation facile et peu coûteuse. Le présent travail a pour but de tester trois argiles de différentes régions de l'Algérie : la bentonite de Maghnia, le kaolin de Mila et l'argile de Djabel Debbagh de Ain Berbar dans le cadre d'éliminer trois colorants acides : le Jaune Bezanyl, le Rouge Bezanyl et le Vert Nylomine qui sont souvent rencontrés dans les effluents de l'industrie textile de Tlemcen. Modifier la structure de la bentonite par activation acide et intercalation par un tensioactif afin d'améliorer son utilisation dans le domaine du traitement des eaux colorées. Utilisation des différentes bentonites pour une application sur des rejets résiduaires réels de l'industrie textile. Cette technique présente certains avantages dont la simplicité, l'efficacité et un procédé de traitement de faible coût.

2-Matériel et méthode

La connaissance des mécanismes d'adsorption ou de rétention des adsorbats par les solides passe avant tout par une bonne connaissance des propriétés structurales et texturales des adsorbants utilisés. Pour cela, les argiles naturelles ont été caractérisées par différentes méthodes d'analyses physico-chimiques à savoir la composition chimique, la diffraction des rayons X, la mesure des surfaces spécifiques, et la mesure de la capacité d'échange cationique. Notre étude concerne trois argiles naturelles : la bentonite, le kaolin et l'argile de Djabel Debbagh utilisées pour l'adsorption des colorants acides d'industrie textile. La bentonite utilisée au cours de notre travail est extraite du gisement de Hammam-Bougrara à Maghnia (Tlemcen). Elle nous a été fournie à l'état finement broyé par la société (ENOF), des bentonites de Maghnia (Tlemcen). Le kaolin utilisé provient du gisement de Tamazert (Mila). Il nous a été fourni par l'entreprise de la céramique de Ghazaouet (Tlemcen) à l'état finement broyé. L'argile Djabel Debbagh est extraite du gisement de Ain Berbar (Guelma) fournie par l'entreprise de la céramique de Ghazaouet (Tlemcen) à l'état finement broyé.

Tableau 1 : Les valeurs de la composition chimique des argiles utilisées.

% massique	Bentonite	Kaolin	Argile Djabel Debbagh
SiO ₂	65.2	49.3	45.23
Al ₂ O ₃	17.25	33.5	38.31
Na ₂ O	3	0.09	0.66
CaO	5	0.08	0.21
K ₂ O	1.7	2.75	0.08
MgO	3.10	0.4	0.06
SiO ₂ / Al ₂ O ₃	3.78	1.47	1.18

Pour les trois argiles, les valeurs des surfaces mesurées avec la méthode BET (Brunauer, Emmett et Teller) [4] sont présentées dans le tableau 2.

Tableau 2 : les surfaces spécifiques des argiles utilisées.

Argile	Surface spécifique (m ² /g)
Bentonite	23.76
Kaolin	22.71
Djabel Debbagh	49.69

Les mesures de la capacité d'échange cationique (CEC) des différentes argiles montrent une grande divergence des valeurs de CEC obtenues indiquées sur le tableau 3.

Tableau 3 : Les valeurs de la capacité d'échange cationique des argiles utilisées.

Argiles	CEC (meq/100g)
Bentonite	80
Kaolin	5.2
Argile Djabel Debbagh	13.8

Nous nous sommes intéressés à l'élimination de trois colorants: le Jaune Bezanyl, le Rouge Bezanyl et le Vert Nylomine. Ce sont des colorants acides sous forme de sel (poudre très fine) appartenant à la catégorie des colorants solubles dans l'eau. Ils nous ont été fournis par la société de production de soie artificielle (SOITEX) de Tlemcen. Ces colorants sont destinés à la teinture des textiles et surtout pour les fibres polyamides.

3-Résultats et discussions

3.1-cinétique d'adsorption

Comme l'illustre la figure 1 qui représente l'évolution de la quantité adsorbée en fonction du temps. On remarque que les cinétiques d'adsorption des colorants sur les argiles utilisées présentent les mêmes allures caractérisées par une forte adsorption du colorant sur l'argile dès les premières minutes de contact colorant-argile, suivie d'une augmentation lente jusqu'à atteindre un état d'équilibre. Notons que pour les deux colorants nous avons les mêmes allures pour cela on représente seulement les cinétiques d'adsorptions concernant le Jaune Bezanyl

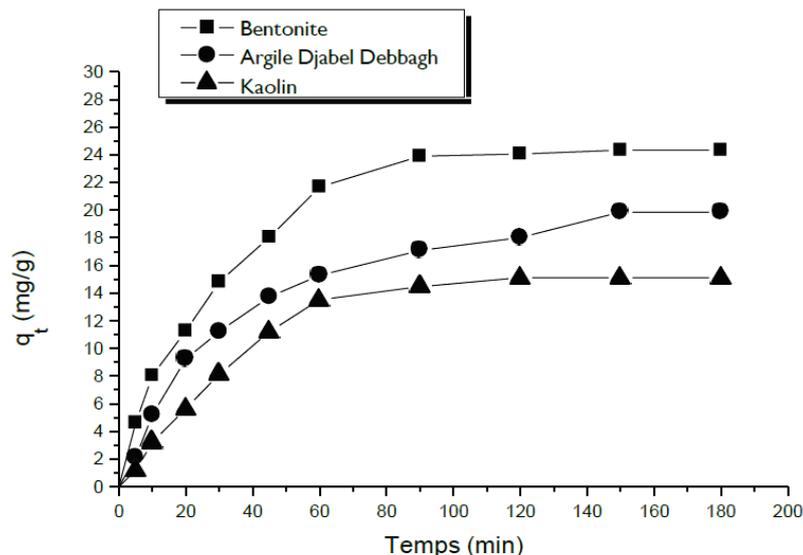


Figure 1 : Cinétiques d'adsorption du Jaune Bezanyl sur les argiles utilisées.

A l'état d'équilibre, la bentonite fixe davantage ces trois colorants que l'argile Djabel Debbagh et le kaolin. Le vert Nylomine est le colorant le moins adsorbé quelque soit l'argile utilisée. Pour expliquer les résultats ainsi obtenus,

et les relier à la caractérisation physico-chimique des trois argiles, nous avons constaté en premier lieu que la bentonite présente une capacité d'échange cationique très importante par rapport à l'argile de Djabel Debbagh et le kaolin qui peut être responsable de cette grande affinité pour ces colorants étudiés. Le second critère est la distance interfoliaire de la bentonite qui est supérieure aux autres.

Le temps d'équilibre est presque identique pour toutes les cinétiques réalisées et varie entre 120 et 150 minutes. Les résultats obtenus concernant les quantités fixées à l'équilibre en (mg/g) sont représentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Les valeurs des quantités fixées des colorants à l'équilibre par les différentes argiles en (mg/g).

	Jaune Bezanyl	Rouge Bezanyl	Vert Nylomine
Bentonite	24.33	22.05	10.64
Argile Djabel Debbagh	19.86	17.23	8.18
Kaolin	15.12	14.08	6.83

3.2-Activation et intercalation de la bentonite

Dans notre travail, l'échantillon de la bentonite a été sélectionné comme le matériau argileux qui présente une capacité élevée pour l'adsorption des colorants utilisés. L'intérêt de cette partie est d'effectuer une activation acide de la bentonite en utilisant de l'acide sulfurique [5] et une intercalation qui porte sur un échange cationique par l'utilisation d'un tensioactif cationique [6] dans le but d'améliorer son pouvoir adsorbant des colorants.

Le tensioactif que nous avons utilisé dans notre travail est le Bromure d'hexadécyltriméthylammonium : $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{15}\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{Br}^-$ noté (HDTMA).

Nous avons effectué l'intercalation de deux quantités du tensioactif HDTMA (0.24 et 0.55 mmole).

D'après les résultats obtenus indiqués sur le tableau 5, on remarque que la bentonite intercalée présente un pouvoir adsorbant légèrement supérieur à celui de la bentonite activée et supérieur à celui de la bentonite naturelle vis-à-vis des trois colorants, à l'exception du Vert Nylomine où la bentonite activée et intercalée avec 0.24 mole de HDTMA ont presque la même quantité fixée à l'équilibre. On constate aussi que l'adsorption des colorants augmente avec l'augmentation de la quantité de HDTMA intercalée.

Tableau 5 : Résultats de la quantité adsorbée à l'équilibre des colorants sur les bentonites utilisées.

	Jaune Bezanyl	Rouge Bezanyl	Vert Nylomine
Bentonite Naturelle	$q_e = 24.33 \text{ mg/g}$	$q_e = 22.05 \text{ mg/g}$	$q_e = 10.64 \text{ mg/g}$
Bentonite active par H_2SO_4 (0.1N)	$q_e = 27.13 \text{ mg/g}$	$q_e = 26.41 \text{ mg/g}$	$q_e = 14.78 \text{ mg/g}$
Bentonite intercalée avec 0.24 mmole de HDTMA	$q_e = 31.66 \text{ mg/g}$	$q_e = 29.6 \text{ mg/g}$	$q_e = 14.21 \text{ mg/g}$
Bentonite intercalée avec 0.55 mmole de HDTMA	$q_e = 37.81 \text{ mg/g}$	$q_e = 33.16 \text{ mg/g}$	$q_e = 17.38 \text{ mg/g}$

-3 Application pour un rejet industriel réel

L'objectif de cette partie est de donner une démonstration de l'efficacité de la méthode dans le domaine du traitement des eaux résiduaires textile de l'unité SOITEX de Tlemcen et à toutes les unités industrielles utilisant

des colorants organiques. Dans cette étude, nous tenons en compte les résultats de quelques paramètres indicateurs de la pollution des eaux comme la demande chimique d'oxygène, la turbidité et la conductivité.

Pour cela, nous avons pris un rejet réel (constitués du mélange des trois colorants que nous avons utilisé à savoir le Jaune Bezanyl, le Rouge Bezanyl et le Vert Nylomine mais avec des pourcentages différents). Pour étudier les cinétiques de traitement de rejet par adsorption sur les différentes bentonites, la procédure suivie consiste à mettre en contact la solution de rejet avec une quantité de bentonite, le protocole opératoire adopté est le même que celui utilisé pour les cinétiques d'adsorption des colorants utilisés précédemment. Pour cela, nous avons suivi la concentration du rejet en fonction du temps jusqu'à ce que l'absorbance soit devenue constante ce qui correspond à la concentration finale du rejet. D'après les résultats obtenus, nous pouvons dire que cette méthode est aussi efficace avec les eaux résiduaires qu'avec les solutions de colorants préparées au laboratoire à partir de l'eau distillée. Le temps de contact est très court de l'ordre de quelques minutes. L'adsorption sur les argiles n'est pas spécifique seulement pour l'élimination des colorants mais aussi pour les autres paramètres indicateurs d'une pollution, comme on remarque bien sur l'effet sur l'odeur, la D.C.O et la turbidité du rejet.

CONCLUSION

D'un point de vue général, ce sujet se situe à l'intersection de trois disciplines : chimie des matériaux (l'utilisation des argiles), génie des procédés (la mise en œuvre d'un procédé d'adsorption) et environnement (traitement des eaux colorées). Les résultats obtenus lors de cette étude à l'échelle laboratoire, confirment l'intérêt pratique et économique de l'utilisation des argiles dans le domaine de la dépollution des eaux contaminées par les colorants. Les cinétiques d'adsorption des colorants utilisés sur les différentes argiles, ont permis de sélectionner la bentonite comme meilleure adsorbant vis-à-vis des colorants étudiés. L'obtention de résultats encourageants sur bentonite nous a poussés à poursuivre ce travail en effectuant des modifications sur ce matériau. Une certaine amélioration dans les performances de l'adsorption de la bentonite vis-à-vis des colorants est obtenue avec une bentonite traitée en milieu acide. Nous nous sommes intéressés ensuite à l'intercalation de la bentonite par un tensioactif le bromure d'hexadécyltriméthylammonium, il ressort de cette étude une augmentation du pouvoir adsorbant de la bentonite. Les résultats montrent qu'il est préférable de réaliser l'intercalation avec 0.55 mmole du tensioactif. Enfin, l'utilisation des différentes bentonites pour une application sur des rejets résiduaires de colorants textile a montré leurs efficacité et cela d'après les résultats des paramètres indicateurs d'une pollution obtenus considérés très encourageants à l'échelle industrielle.

Références

- [1] M. Mazet, O. Dusart, M Roger, D. Dussoubs-Marimer, Elimination de colorants de l'industrie textile par des sciures de bois, *Revue des Sciences de l'Eau*, 3 (1990) 129-149.
- [2] Y.S.Choi, J.H, Cho, Color removal dyes from wastewater using vermiculite, *Environmental Technology*, 17 (1996) 1169-1180.
- [3] S.Souabi, Traitement des rejets de l'industrie textile par charbon actif, *Techniques sciences méthodes*, 3 (1996) 181-185.
- [4] S. Brunauer, P.H. Emmet, E. Teller, Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.*, 60 (1938) 309-319.
- [5] A.G.Espantaléon, J.A. Nieto, M. Fernandez, A. Marsal, Use of activated clays in the removal of dyes and surfactants from tannery waste waters. *Applied Clay Science*, 24 (2003) 105-110.
- [6] L. Yang, L. Jiang, Z.Z. Yuangao Chen, X. Wang X, The sedimentation capabilities of hexadecyltrimethylammonium-modified montmorillonites. *Chemosphere*, 48 (2002) 461-466.