

## Elimination des polluants chimiques par des argiles Algériennes

Benguella Belkacem<sup>1</sup>, Makhoukhi Benamar<sup>2</sup>

1 Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement, Université de Tlemcen

2 Laboratoire de Chimie Inorganique et Environnement, Université de Tlemcen

### Résumé

*L'utilisation intense des colorants et les métaux lourds en industrie et les pesticides dans l'agriculture a engendré un grand problème concernant la pollution des eaux souterraines. 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.*

*Trois argiles de différentes régions de l'Algérie : la bentonite 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. Application des différentes bentonites pour l'adsorption des rejets résiduels de l'industrie textile. De même, nous avons essayé d'éliminer trois métaux lourds très utilisés dans l'industrie à savoir le Plomb, Zinc et le Cuivre sur des argiles (Marne et l'argile Djabel Debbagh). Enfin nous avons testé d'éliminer un pesticides couramment employés dans l'agriculture (Méthionate) par les argiles (Bentonite, Kaolin et le feldspate).*

*Les résultats obtenus à l'échelle laboratoire, confirment l'intérêt pratique et économique de l'utilisation des argiles pour la dépollution des eaux contaminées par les colorants, les métaux lourds et les pesticides.*

**Mots clés ::** Argiles, Elimination, Colorants, Métaux lourds, Pesticides

### Removal of chemical pollutants by Algerian clays

#### Abstract

*The intense use of dyes and heavy metals in industry and pesticides in agriculture has created a major problem regarding groundwater pollution. It is in this context that we set out to test competitive activated carbon adsorbents based on clays available in large quantities in our country due to their easy and inexpensive operation. Three clays from different regions of Algeria: bentonite from Maghnia, kaolin from Mila and clay from Djabel Debbagh from Ain Berbar as part of eliminating three acid dyes: Bezanyl Yellow, Bezanyl Red and Nylomine Green which are often encountered in the effluents of the textile industry of Tlemcen. The application of different bentonites for the adsorption of residual emissions from the textile industry. Likewise, we tried to eliminate three heavy metals widely used in industry, namely Lead, Zinc and Copper on clays (Marl and Djabel Debbagh clay). Finally we tested to eliminate a pesticide commonly used in agriculture (Methionate) by clays (Bentonite, Kaolin and feldspate). The results obtained during this laboratory-scale study confirm the practical and economic interest of using clays in the field of depolluting water contaminated by dyes, heavy metals and pesticides.*

**Keywords:** Clays, Removal, Dyes, Heavy metals, Pesticides

---

<sup>1</sup> Corresponding author: [belkacem\\_71@yahoo.fr](mailto:belkacem_71@yahoo.fr)

## INTRODUCTION

Le problème de la pollution de l'environnement reste toujours d'actualité car de nombreuses activités industrielles continuent à générer des polluants divers, notamment certains produits chimiques d'origine industrielle (hydrocarbures, colorants, métaux lourds ...) ou agricole (pesticides, engrais,...) susceptibles de créer des nuisances importantes. Les effluents industriels et les polluants résultant de l'utilisation intensive de fertilisants, de pesticides, de produits sanitaires, agricoles, pharmaceutiques constituent les causes majeures de pollution de l'environnement [1]. Ces polluants possèdent la capacité de se concentrer le long de la chaîne alimentaire et de s'accumuler dans certains organes du corps humain. Il est donc indispensable d'éliminer ces éléments toxiques présents dans les différents effluents industriels ou de réduire leur quantité en dessous des seuils admissibles définis par les normes [2]. Face à des réglementations de plus en plus restrictives, les industries doivent obligatoirement traiter leurs effluents avant de les réintroduire dans le milieu naturel. De leur côté, les chercheurs scientifiques de différents horizons (chimie, géologie, agronomie physiologie végétale, médecine,...) s'intéressent de plus en plus à l'identification et à l'élimination des éléments polluants impliqués directement dans l'apparition de déséquilibres au niveau des écosystèmes ou à l'origine de troubles graves pouvant conduire à la mort, aussi bien chez les animaux que chez l'homme [3]. Pour cela, diverses techniques classiques de purification sont utilisées. Néanmoins, à l'heure actuelle, le développement de technologies propres est de plus en plus souhaité afin de préserver l'environnement. Parmi les nombreuses techniques de dépollution on peut citer: L'adsorption sur des matériaux d'origine naturels comme les argiles [4]. Ce procédé ne nécessite pas beaucoup d'énergie comparés aux procédés électrochimiques, tels que l'oxydation avancée par plasma, électro-photon, photocatalyse, ...etc. L'utilisation du charbon dans le processus d'adsorption est également très sollicitée [5]. Le charbon actif présente une forte capacité d'adsorption due essentiellement à sa grande surface spécifique mais ce procédé reste très coûteux. L'attention a été focalisée par la suite sur l'utilisation d'autres adsorbants à base de matériaux naturels abondants, c'est le cas des argiles [6]. De nos jours, les argiles sont très largement étudiées par de nombreux chercheurs. L'intérêt accordé ces dernières années à l'étude des argiles par de nombreux laboratoires dans le monde se justifie par leur abondance dans la nature, l'importance des surfaces qu'elles développent, la présence des charges électriques sur cette surface et surtout l'échange des cations interfoliaires [7]. Ces derniers sont les principaux éléments responsables de l'hydratation, du gonflement, de la plasticité et ils confèrent à ces argiles des propriétés hydrophiles [8]. Par ce présent travail, nous proposons de tester la capacité de trois argiles algérienne, une bentonite de Maghnia, un kaolin de Mila et une argile de djebel Debbagh de Guelma, localement disponible, dans l'étude de l'élimination des polluants (colorants, métaux lourds et un pesticide) en solutions aqueuses.

## MATÉRIELS ET MÉTHODES

A l'heure actuelle, l'utilisation des argiles comme adsorbant dans les différentes applications de la dépollution des eaux est bien maîtrisée à l'échelle laboratoire. Néanmoins, cette méthode n'est pas encore utilisée à l'échelle industrielle pour l'adsorption des rejets résiduels réels. L'objectif de cette partie est de donner une démonstration de l'efficacité de la méthode dans le domaine du traitement des eaux résiduelles 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 deux rejets réels différents (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) dont les caractéristiques sont représentées dans le tableau I.

**Table 1 – Paramètres organoleptiques et physico-chimiques des rejets réels.**

Couleur du rejet	pH initial de la solution	D.C.O (mg/L)	Turbidité (NTU)	Conductivité (µS)
Rejet Jaune	5.39	885	7.45	450
Rejet Vert	3.21	765	3.88	490

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

### **Cinétiques d'adsorption des rejets colorés par les différentes bentonites**

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.

Les résultats obtenus concernant l'élimination des rejets étudiés (rejetjauneet rejet vert) sur les différentes bentonites sont représentés sur les tableaux 2 et 3. Ces résultats sont donnés après le temps d'équilibre (temps au-delà du quel l'absorbance est constante).

**Table 2 - Résultats du rejet jaune sur les différentes bentonites.**

Bentonite	D.C.O (mg/L)	Turbidité (NTU)	Conductivité (µS)	% d élimination
Naturelle	76	211	895	81.45
Activée	85	258	912	84.23

**Table 3 - Résultats du rejet vert sur les différentes bentonites.**

Bentonite	D.C.O (mg/L)	Turbidité (NTU)	Conductivité (µS)	% d élimination
Naturelle	78	202	1220	63.73
Activée	51	264	1411	65.26

De même, les résultats obtenus pour les deux rejets étudiés (le rejet de couleur jaune est plus adsorbé que le rejet de couleur verte), vont dans le même sens que ceux obtenus concernant l'affinité des colorants utilisés sur la bentonite. D'après les résultats obtenus concernant les deux rejets réels, 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. Ce traitement appliqué à l'eau résiduaire textile assure une eau claire. Les teneurs de la D.C.O sont réduites au maximum. Ce procédé peut donner l'avantage d'exempter l'eau colorée du traitement biologique.

### **Cinétiques d'adsorption des métaux lourds sur les argiles étudiées**

La cinétique d'adsorption exprimée comme étant la variation avec le temps de la quantité de cation adsorbée par gramme de support. L'étude expérimentale menée en mode 'batch' a permis de suivre les variations ayant lieu dans la phase liquide en fonction de temps. La capacité maximale d'adsorption est la quantité de polluant retenue à l'équilibre calculée à partir de la concentration du filtrat, obtenue par un dosage utilisant une spectroscopie d'absorption atomique (SAA).

#### **Cinétique d'adsorption**

Le temps de contact entre deux phases solide/liquide a un effet important sur le taux de transfert de matière, pour étudié cet effet nous avons réalisé une série des expériences qui permet la détermination du temps de contact mis pour atteindre l'équilibre d'adsorption. La figure 1 représente l'évolution de la quantité adsorbée

en fonction du temps. On remarque que la cinétique d'adsorption du plomb comme exemple sur les argiles étudiées présentent les mêmes allures caractérisées par une forte adsorption du métal sur l'argile dès les premières minutes de contact métal–argile suivie d'une augmentation lente jusqu'à atteindre l'état d'équilibre. A l'état d'équilibre la marne adsorbe plus que l'argile Djabel Debbagh.

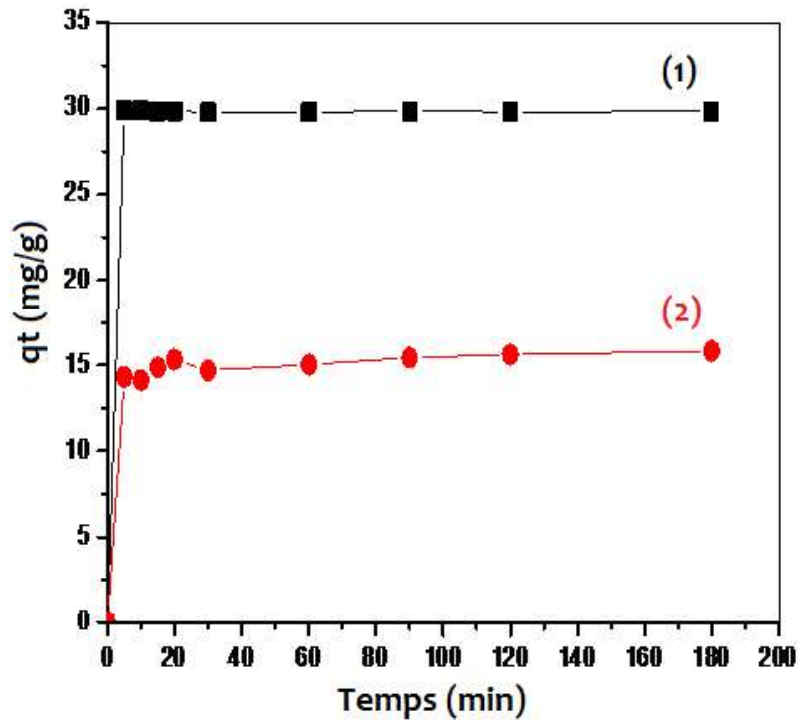


Fig. 1 - Cinétiques d'adsorption des métaux lourds sur les argiles.  
 (1) Argile Merneuse, (2) Argile Djabel debbagh

**Table 4** - Résultats de l'adsorption des métaux lourds sur les argiles à l'équilibre.

Métal	Quantité fixée en équilibre (mg/g) sur la marne	Quantité fixée en équilibre (mg/g) sur l'argile Djabel Debbagh	Temps d'équilibre (min)
Pb (II)	29,72	14,82	180
Cu (II)	29,63	29,63	180
Zn (II)	27,53	27,53	180

#### Cinétique d'adsorption de Méthionate par les argiles étudiées

L'étude cinétique de l'adsorption de Méthionate sur les argiles a été réalisée selon le même protocole expérimental que celui effectué dans le cas de l'élimination des ions métalliques.

D'après ces résultats, on remarque que les cinétiques d'adsorption de Méthionate sur les argiles étudiées présentent les même allures dès les premières minutes de contact, suivie d'une augmentation jusqu'à atteindre un état d'équilibre.

Le temps d'équilibre varie entre 30 et 40 min. D'après les résultats obtenus, Le Méthionate s'adsorbe avec des quantités faibles en comparant avec les quantités des métaux lourds sur les supports argileux

**Table 5 - Résultats de l'adsorption de Méthonate par les argiles à l'équilibre.**

Argiles	: fixée de Méthonate en (mg/g) à l'équilibre
Bentonite	5.51
Kaolin	4.00
Feldspoth	3.41

## CONCLUSION

Du 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 métaux lourds et les pesticides.

Enfin, l'utilisation des différentes bentonites pour une application sur des rejets résiduels de colorants textile a montré leurs efficacités et cela d'après les résultats des paramètres indicateurs d'une pollution obtenus considérés très encourageants à l'échelle industrielle.

## Références

- [1] I. Belbachir, B. Makhoukhi, Adsorption of Bezathren dyes onto sodic bentonite from aqueous solutions, *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* 75 (2017) 105–111.
- [2] B. Makhoukhi, D. Villemin, M.A. Didi, Synthesis of bisimidazolium–ionic liquids: Characterization, thermal stability and application to bentonite intercalation, *J. Taibah Univ. Sci.* 10 (2016) 168–180.
- [3] K. Tizaoui, B. Benguella, B. Makhoukhi, Selective adsorption of heavy metals ( $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ , and  $\text{Cr}^{3+}$ ) from aqueous solutions onto natural marne clay, *Desalin. Water Treat.* 142 (2019) 252–259.
- [4] B. Makhoukhi, M. Djab, M.A. Didi, Adsorption of Telon dyes onto bis-imidazolium modified bentonite in aqueous solutions, *J. Env. Chem. Eng.* 3 (2015) 1384–1392.
- [5] I. Lansari, B. Benguella, N. Kruchinina, A. Nistratov, Adsorption of Textile Dye from Aqueous Solution on Natural and Modified Sawdust. *Desalin. Water Treat.* 194 (2020) 259–268.
- [6] B. Makhoukhi, D. Villemin, M.A. Didi, Preparation, characterization and thermal stability of bentonite modified with bis-imidazolium salts, *Mater. Chem. Phys.* 138 (2013) 199–203.
- [7] I. Lansari, B. Benguella, N. Kruchinina, A. Nistratov, The Removal of Acid Green 4G and Anthraquinone Orange from Aqueous Solution Using Adsorption on Activated Carbon from Human Hair, *React. Kinet. Mech. Catal.* 135 (2022) 987–998.
- [8] B. Makhoukhi, Application of new organoclays for the adsorption of bemaicide dyes from aqueous solutions, *Desalin. Water Treat.* 113 (2018) 235–243.