

## Etude de l'élimination du bleu de Méthylène en milieux aqueux par adsorption sur la pyrophyllite

---

**A. TALIDI, M. BOUACHRINE**

Equipe de recherche : Matériaux, Environnement & Modélisation (MEM), Ecole Supérieure de Technologie, Université Moulay Ismail, Meknès, Maroc.

---

### Résumé :

Les matériaux argileux (ou plus simplement "argiles") sont ubiquistes à la surface de la terre. Du fait de leur mode de formation, ce sont en général des matériaux polyphasiques, composés à la fois de phases minérales et organiques [1]. Grâce à leurs propriétés, les argiles sont utilisables pour différentes applications. Outre la fabrication de matériaux de construction, elles sont utilisées aussi pour l'adsorption des matières organiques et minérales, ce qui les rendent compétitifs à d'autres adsorbants tel que le charbon actif. Cette étude concerne consiste à étudier l'adsorption du bleu de méthylène, choisi comme colorant et en même temps comme une molécule organique polluante sur une argile d'origine marocaine (la Pyrophyllite). L'adsorption du bleu de méthylène (MB) est une méthode commune pour estimer la surface spécifique de certaines argiles. Cette étude à été effectuée en variant plusieurs paramètres tels que le temps de la réaction (la cinétique) la température et le pH. Les résultats obtenus ont montrés que la Pyrophyllite présente une grande capacité d'élimination de ce colorant comparée à d'autres matériaux tels que certains charbons actifs.

**Mots clés :** *Adsorption, Argile, Pyrophyllite, colorant, eau usée, paramètres thermodynamiques.*

### I. Introduction :

Plusieurs industries utilisent des pigments pour colorer leurs produits, à titre d'exemple les effluents de textiles, papier, plastique, bois et des industries du traitement minérales [2]. La présence de ces effluents dans l'eau, même à faibles concentrations, est fortement indésirable et peuvent causer de sérieux problèmes de la pollution des eaux [3].

Le bleu de méthylène est le colorant le plus couramment utilise dans la teinture du coton, du bois et de la soie. Il peut provoquer des brulures oculaires responsables de blessures

permanentes aux yeux de l'homme et des animaux. Son inhalation peut donner lieu à des difficultés respiratoires et son ingestion par la bouche produit une sensation de brûlure, provoque des nausées, des vomissements, transpiration et sueurs froides abondantes (Ghosh et Bhattacharyya, 2002). Le traitement des rejets industriels contenant ce type de colorant s'avère d'un grand intérêt.

Pour remédier à cette situation, des techniques biologiques (élimination sur des plantes) ont été utilisées pour l'élimination de ces colorants des rejets. Mais ces méthodes n'ont pas donné de bons résultats [3, 4]. Par contre les techniques d'adsorption ont donné de bons rendements d'élimination des molécules organiques. Le charbon actif a été largement utilisé à cause de sa grande capacité d'adsorption des espèces organiques, mais son utilisation présente un coût très cher [5, 6], c'est pour cela, plusieurs auteurs ont préféré l'utilisation des argiles pour l'élimination des colorants organiques suite à leur coût moins cher que celui du charbon actif.

L'élimination des colorants organiques et en particulier le bleu de méthylène (B.M) par des argiles a été étudiée par plusieurs auteurs [7, 8]. Ils ont montré que les argiles présentent une affinité d'adsorption vis-à-vis des formes hétéroaromatiques cationiques.

L'adsorption du B.M cationique a été utilisée récemment pour la détermination des surfaces spécifiques des smectites et des zéolites [5, 9].

Le but de ce présent travail consiste à étudier l'adsorption du bleu de méthylène sur la pyrophyllite, afin de permettre le pourcentage d'adsorption du BM ainsi de déterminer la surface spécifique totale de cet adsorbant et les paramètres thermodynamiques des réactions réalisées. Cette partie présentera les résultats de l'influence du temps de la réaction, du pH de la solution, et de la concentration initiale en bleu de méthylène sur l'adsorption de ce dernier sur la pyrophyllite.

## **II. Généralités sur la Pyrophyllite**

### **II-1. Structure de la pyrophyllite**

Très semblable au talc, la pyrophyllite est un phyllosilicate d'alumine, de formule chimique:  $\text{Al}_2(\text{Si}_4\text{O}_{10})(\text{OH})_2$ . Elle possède une certaine aptitude à se débiter en feuillets, d'où l'origine de son nom (de deux mots grecs: pyros : feu, et phyllon : feuille).

La pyrophyllite se rencontre dans certains filons hydrothermaux de basse température, où elle est associée au quartz, à de l'hématite et à des carbonates. Quand elle est présente dans les schistes métamorphiques riches en alumine, elle est fréquemment associée aux quartz, micas

et disthène. Il existe d'ailleurs des pseudomorphoses de pyrophyllite en silicates d'alumine, tels que disthène, andalousite et muscovite, et qui sont dues à des altérations hydrothermales. Les principaux gisements se trouvent en Chine (où elle a servi jadis à confectionner des statuettes [10], aux États-Unis (Arkansas, Caroline du Nord et Georgie) [11, 12], en Turquie [13] et en Inde [14].

Elle est connue en Espagne, notamment dans la région de Huelva [15], où elle entre dans la gangue de certaines occurrences de cassitérite, et également sous la forme d'agalmolite, dans le granite des alentours de Figueras (Gerona).

L'intérêt industriel de la pyrophyllite est certain: Ce minéral est utilisé dans les industries du textile, du papier, de la céramique [14], du caoutchouc, de la parfumerie, [16] ainsi que dans l'industrie électrique [17].

### **III. Caractérisation de la pyrophyllite**

#### **III-1 Origine de la pyrophyllite**

La pyrophyllite utilisée dans cette étude nous a été fournie par le Bureau de Recherche et de Participation Minérale (BRPM). Elle est issue de la région de Gunfouda, sud du Maroc.

Le choix de ce matériau aluminosilicaté nous a été dicté par le fait que :

- Il est très abondant au Maroc et qu'il est inerte vis à vis de l'environnement [18, 19]
- Elle a une affinité adsorptive envers les métaux lourds [11, 12, 20, 21, 22,23] et les molécules organiques [13, 24].

#### **III-2. Analyse chimique quantitative**

La composition chimique de la pyrophyllite, déterminée par fluorescence X, il nous a montré que la pyrophyllite est une aluminosilicate.

#### **III-3. Analyse par diffraction des rayons X**

L'analyse par diffraction des rayons X nous permet d'identifier les différentes phases minéralogiques contenues dans la pyrophyllite utilisée. Les résultats obtenus ont montré que la pyrophyllite contient de la kaolinite le Quartz et la DiCkite

Des spectres similaires ont été trouvés lors de la caractérisation d'une pyrophyllite Japonaise [25], Turc [13,26], et Marocaine [27].

**IV : L'adsorption du bleu de méthylène sur la pyrophyllite à température ambiante :****➤ Influence du temps de réaction**

L'influence du temps d'agitation sur l'adsorption du bleu de méthylène sur la pyrophyllite est une étape très importante car elle permet de déterminer la durée nécessaire pour atteindre l'équilibre.

Cette étude a montré que 5 min d'agitation est suffisante pour atteindre l'équilibre ce qui montre que la cinétique d'adsorption du bleu de méthylène sur la pyrophyllite est très rapide. Le maximum d'adsorption est atteint avec un pourcentage d'adsorption de l'ordre de 78,45%

Des résultats similaires ont été trouvés lors de l'adsorption du bleu de méthylène sur une pyrophyllite d'origine Turc [28, 29].

**➤ Influence du pH**

L'étude de l'influence du pH sur l'adsorption du bleu de méthylène sur la pyrophyllite a été menée en utilisant des solutions du bleu de méthylène mise en contact avec l'adsorbant à des différentes valeurs du pH.

L'analyse des résultats montre que la quantité du bleu de méthylène adsorbé sur la pyrophyllite augmente avec l'augmentation du pH.

On peut expliquer l'augmentation de la quantité adsorbée du B.M avec l'augmentation du pH comme suit :

L'ajout des cations  $H^+$  pour baisser le pH, entraîne la neutralisation de la charge négative de la pyrophyllite au niveau des bords, ce qui défavorise l'adsorption du B.M cationique en milieu très acide. Par ailleurs quand le pH augmente il y a une diminution des cations  $H^+$ , donc la charge de la pyrophyllite est nettement négative ce qui favorise l'adsorption du B.M.

Des résultats semblables ont été rapportés pour l'adsorption du bleu de méthylène sur Kaolinite [30].

**III. Conclusion**

La pollution de l'environnement est un problème qui se pose à l'échelle mondiale, en effet, celle-ci est la conséquence de l'augmentation des rejets industriels dans la nature. Parmi ces rejets, ceux de l'industrie textile, chargés en colorants, sont responsables de nuisances dans la mesure où la plupart d'entre eux sont toxiques et non biodégradables. Le traitement de ces rejets par les méthodes classiques est souvent inopérant, pour cette raison d'autres méthodes à

faible coût sont employées pour leur destruction, parmi les quelle, les procédés d'adsorption. Au cours de cette étude, il nous a été possible de définir l'adsorption comme étant essentiellement une réaction de surface et de différencier entre la physisorption et la chimisorption. Parmi les adsorbants les plus répandus, on trouve les charbons actifs et les argiles et particulièrement la bentonite la pyrophyllite... . Leurs propriétés adsorbantes et leur capacité d'échange de cations sont reconnues depuis longtemps.

L'étude de l'adsorption d'un colorant organique pur, le bleu de méthylène (BM), sur la pyrophyllite a été menée en mode statique en isotherme à température ambiante et sous la pression atmosphérique. Cet adsorbant montre une grande capacité d'élimination de ce colorant comparée à d'autres matériaux tels que certains charbons actifs. Le pourcentage d'adsorption à l'équilibre est d'environ 75%. L'étude cinétique a révélé qu'environ 5 min d'agitation sont suffisantes pour atteindre un équilibre complet du système BM/pyrophyllite. Et l'influence du pH sur l'adsorption du BM sur la pyrophyllite, montre que la quantité du bleu de méthylène est d'autant plus adsorbé quand le pH augmente.

### Références Bibliographiques :

1. **Grim r.E. (1953)-** *Clay mineralogy*, Édité par R.R. Shrock (McGraw-Hill series in Geology, Londres), et références incluses.
2. **Ramakrishna K.R., Viraraghavan T. (1997)-** Water Sci. Technol., 36, 189.
3. **Waranusantigul P., Pokethitiyook P., Kruatrachue M. (2003)-** Upatham E.S., Environ. Pollut., 125, 385–392.
4. **O'Neill C., Hawkes F.R., Hawkes D.L., Lourenco N.D., Pin-heiro H.M. (1999)-** Dele W., J. Chem. Technol. Biotechnol., 74, 1009.
5. **Juang R.S., Wu F.C., Tseng R.L. (1997)-** Environ. Technol., 18, 525.
6. **Mamdouh N.M., El-Geundi M.S. (1991)-** J. Chem. Technol. Biotechnol., 50, 257.
7. **Orthman J., Zhu H.Y., Lu G.Q. (2003)-** Sep. Purif. Technol., 31, 53–59.
8. **Karaca S., Gürses A., Bayrak R.,** in press.
9. **Mckay G., Porter J.F., Prasad G.R. (1999)-** Water Air Soil Pollut., 114(3–4), 423–438.
10. **Hu Y., Liu X., Zhenghe Xu. (2003)-** Role of crystal structure in flotation separation of diaspore from kaolinite, pyrophyllite and illite. Minerals Engineering, 16, 219–227.
11. **Scheidegger A.M., Sparks D.L. (1995)-** Kinetics of the formation and the dissolution of nickel surface precipitates on pyrophyllite. Chemical Geology, 132, 157-164.
12. **Elzinga E.J., Sparks D.L. (1999)-** Nickel sorption mechanisms in a Pyrophyllite-Montmorillonite mixture. Journal of Colloid and Surface Science, 213, 506-512.
13. **Sayilkan H., Erdemoglu S., Sener S., Sayilkan F., Akarsu M., Erdemoglu M. (2004)-** Surface modification of pyrophyllite with amino silane coupling agent for the removal of 4-nitrophenol from aqueous solutions. Journal of Colloid and Interface Science, 275, 530–538.
14. **Amritphale S.S., Bhasin S., Chandra N. (2005)-** Energy efficient process for making pyrophyllite-based ceramic tiles using phosphoric acid and mineralizers. Ceramics International, Article in press.
15. **Pérez-Maqueda L.A., Montes O.M., Gonzàles-Macias E.M., Franco F. (2004)-** Thermal transformations of sonicated pyrophyllite. Applied Clay Science, 24, 201-207.

16. **Robertson, R.H.S. (1973)**- Industrial uses of clay minerals. *Silic. Ind.*, 38, 33–43.
17. **Sanchez Soto P.J., Perez Rodriguez J.L. (1998)**- Características generales, propiedades, yacimientos y aplicaciones de pirofilita. *Bol. Soc. Esp. Ceram. Vidr.*, 37 (5), 359–368.
18. **Broussous L. (1999)**- Elaboration de nouvelles géométries tubulaires de membranes céramiques : Application à la réduction du colmatage, Thèse, Université Montpellier, France.
19. **Shanefield D. J. (1995)**- Organic Additives and Ceramic Processing, Kluwer Academic Publishers, London.
20. **Erdemoglu M., Erdemoglu S., Sayilkan F., Akarsu M., Sener S., Sayılkan H. (2004)**- Organo-functional modified pyrophyllite: preparation, characterisation and Pb(II) ion adsorption property. *Applied Clay Science*, 27, 41–52.
21. **Scheinost A.C., Ford R.G., Sparks D.L. (1999)**- The role of Al in the formation of secondary Ni precipitates on pyrophyllite, gibbsite, talc and amorphous silica : A DRS study. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 63 (19/20), 3193-3203.
22. **Ford R.G., Sparks D.L. (2000)**- The nature of Zn precipitates formed in the presence of pyrophyllite. *Environmental Science and Technology*, 34, 2479-2483.
23. **Saxena S., Prasad M., Amritphalea S.S., Chandra N. (2001)**- Adsorption of cyanide from aqueous solutions at pyrophyllite surface. *Separation and Purification Technology*, 24, 263-270.
24. **Gücek A., Sener S.S., Bilgen S., Mazmancı M.A. (2005)**- Adsorption and kinetic studies of cationic and anionic dyes on pyrophyllite from aqueous solutions. *Journal of Colloid and Interface Science*, 286, 53–60.
25. **Temuujin J., Okada K., Jadambaa T.S., MacKenzie K.J.D., Amarsanaa J. (2003)**- Effect of grinding on the leaching behaviour of pyrophyllite. *Journal of the European Ceramic Society*, 23, 1277–1282.
26. **Caillère S., Hénin S., Rautureau M. (1982)**- Minéralogie des Argiles 2, Structure et Propriété Physico-Chimiques.
27. **Bentayeba A., Amouricb M., Olivesb J., Dekayirc A., Nadiri A. (2003)**- XRD and HRTEM characterization of pyrophyllite from Morocco and its possible applications *Applied Clay Science*, 22, 211–221.
28. **Shackelford C. D., Craig H., Benson C. H., Katsumi T., Edil T. B., Lin L. (2000)**- Evaluating the hydraulic conductivity of GCLs permeated with non-standard liquids. *Elsevier Science*, 18, 133-161
29. **Egloffstein T. A. (2001)**- Natural bentonites-influence of the ion exchange and partial desiccation on permeability and self-healing capacity of bentonites used in GCLs. *Geotextiles and Geomembranes*, Vol. 19, Iss.7, p. 427-444.
30. **Ghosh d., Bhattacharyya K.G. (2002)**- Adsorption of metylene bleu on kaolinite. *Applied Clay Science*, 20, 295-300.