

# ETUDE DE L'ELIMINATION DES IONS PHOSPHATE PAR ADSORPTION SUR LA GOETHITE

*Bouhouf Loubna, Boukhalfa-Djebbar Chahrazed*  
LPTE, Département de Chimie, Université des Frères Mentouri Constantine - Algérie  
E-mail: loubna\_bouhouf@yahoo.fr

## Résumé

L'excès de phosphore dans les systèmes aquatiques peut conduire à une croissance indésirable des plantes, causant l'eutrophisation des plans d'eau. À cet effet, la réduction de ses teneurs dans les eaux usées reste une des priorités des opérations de préservation de l'environnement aquatique. Dans la présente étude, une goethite a été préparée et caractérisée au laboratoire dans l'objectif de son utilisation pour l'élimination des ions phosphates par adsorption. Les effets du pH, du temps de contact, de la concentration initiale de phosphate et de la présence des ions compétiteurs ont été évalués.

Les résultats obtenus, montrent que le taux d'adsorption est en relation avec la spéciation des ions phosphate; l'ion  $\text{HPO}_4^{2-}$  est préférentiellement fixé. La fixation des ions phosphates sur la goethite se caractérise par une isotherme qui suit le modèle de Freundlich et une cinétique qui suit les modèles pseudo-deuxième ordre, Elovich et diffusion. L'effet de la présence des ions compétiteurs, dépend du pH et de l'ion. Parmi les anions étudiés, les ions oxalates implique une diminution de l'adsorption des ions phosphate à pH acide. Cependant, aucun effet compétitif n'est observé en présence des ions citrate et tartrate. Une augmentation du taux d'adsorption des ions phosphate est observé en présence du plomb et du cadmium à pH 10.

**Mot clés :** phosphate; goethite; adsorption; ions compétiteurs; traitement des eaux; environnement.

## 1. INTRODUCTION

Le phosphate est souvent ajouté au sol comme un élément nutritif. Il n'est pas toxique, mais il est l'une des principales espèces responsables de l'eutrophisation de l'eau douce [1, 2]. Par conséquent, le sort et le transport du phosphore dans les milieux aquatiques doivent être bien compris pour concevoir des stratégies d'assainissement efficaces [3].

Dans le traitement de l'eau, l'adsorption est l'une des méthodes les plus prometteuses en raison de ses faibles coûts d'exploitation et sa grande efficacité. Comme adsorbants efficaces, les oxyhydroxydes de fer avec leur nature chimique jouent un rôle important dans le contrôle du phosphore dans l'environnement. La goethite ( $\alpha\text{-FeOOH}$ ) est une des formes les plus fréquentes et les plus abondantes de ces oxyhydroxydes dans les sols et les sédiments [4, 5]. L'objectif de la présente étude est l'évaluation de la fixation des ions phosphate sur la goethite en présence des ions compétiteurs car les eaux usées contiennent des cations et des anions à des concentrations diverses.

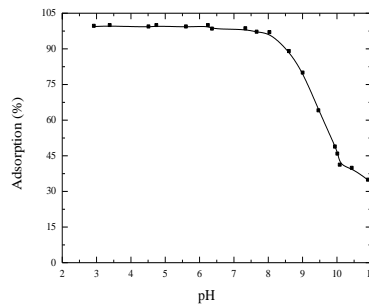
### 1.1. Matériels et méthodes

La goethite utilisée a été préparée et caractérisée au laboratoire. Les essais de fixation des ions phosphate ont été réalisés en batch. Les effets des différents paramètres ont été évalués. Les ions phosphates ont été dosés dans les surnageant récupérés par centrifugation par la méthode au molybdate d'ammonium.

## 1.2. Résultats et discussion

### 1.2.1. Effet de pH

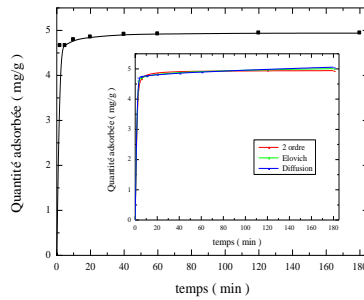
L'évolution de la fixation des ions phosphate sur la goethite en fonction du pH est illustrée dans la Figure 1. Elle montre un maximum d'adsorption dans le domaine de pH 2-6 avec un taux de fixation de 99%. A pH supérieure, on enregistre une diminution progressive. Ce qui peut être due à la charge de surface de la goethite qui devient négatif, entraînant une répulsion électrostatique des anions phosphate chargés négativement ( $\text{HPO}_4^{-2}$  et  $\text{PO}_4^{-3}$ ).



**Figure 1:** Effet du pH sur l'évolution de l'adsorption des phosphate sur la goethite (dose de la goethite: 3 g/l;  $C_0$ : 10 mg/l; t: 1 h).

### 1.2.2. Cinétique d'adsorption

La Figure 2 représente l'évolution de l'adsorption des ions phosphate sur la goethite en fonction du temps. Elle montre deux étapes; une première rapide puis une deuxième lente. Ainsi, un temps d'équilibre de 40 min est enregistré. L'application des différentes équations cinétiques donne les paramètres présentés dans le Tableau 1. Selon les coefficients de corrélation calculés, la cinétique d'adsorption de phosphate sur la goethite suit les modèles utilisés, selon l'ordre: diffusion < Elovich < pseudo premier ordre < pseudo deuxième ordre. Cependant, le tracé de son évolution révèle que les modèles du deuxième ordre, Elovich et diffusion sont plus convenables. Ce qui est en accord avec ce qui a été aussi enregistré pour l'adsorption des ions phosphate sur  $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$  [6].



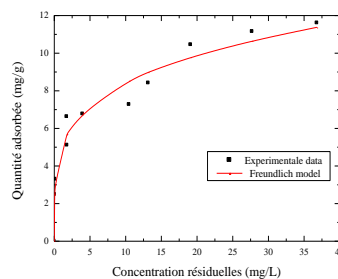
**Figure 2 :** Effet du temps sur l'évolution de l'adsorption des phosphate sur la goethite (dose de la goethite: 2 g/l;  $C_0$ : 10 mg/l; pH: 5).

**Tableau 1 :** Paramètres cinétiques de l'adsorption des ions phosphate sur la goethite.

Pseudo-1 <sup>er</sup> ordre			Pseudo-2 <sup>ème</sup> ordre			Elovich			Diffusion		
$Q_{max}$	K	R	$Q_{max}$	K	R	a	b	R	C	K	R
3,792	0,047	0,973	4,949	0,683	1	4,567	0,085	0,950	4,681	0,028	0,858

### 1.2.3. Isotherme d'adsorption

L'isotherme expérimentale obtenue montre une augmentation de la capacité d'adsorption avec l'augmentation de la concentration d'équilibre (Figure 3). La capacité d'adsorption augmente de 2,4 mg/g à 11,6 mg/g lorsque la concentration initiale de phosphate augmente de 7,5 mg/L à 60 mg/L (Figure 3). Les données expérimentales ont été modélisées par les équations de Langmuir, de Freundlich, et de Temkin. Les paramètres calculés sont résumés dans le Tableau 2. Selon les coefficients de corrélation calculés, l'isotherme de l'adsorption des ions phosphate sur la goethite peut être décrite par les trois modèles utilisés selon l'ordre: Langmuir < Temkin < Freundlich. Ce qui est confirmé par la courbe non linéaires présentée dans la Figure 3 qui montre que l'isotherme expérimentale suit le modèle de Freundlich.



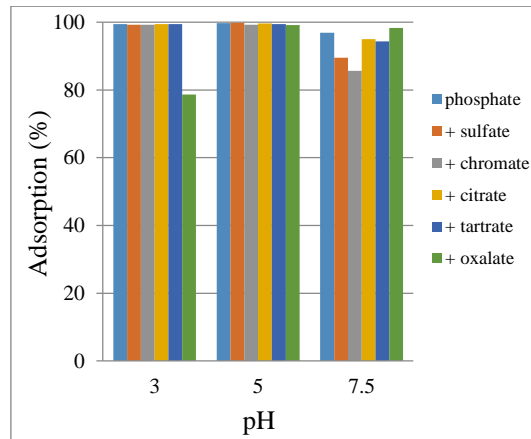
**Figure 3 :** Effet de la concentration sur l'évolution de l'adsorption des phosphate sur la goethite (dose de la goethite: 2 g/l; t:1 h; pH: 5).

**Tableau 2 :** Paramètres des isothermes de l'adsorption des ions phosphate sur la goethite

Langmuir			Freundlich			Temkin		
$Q_{max}$	K	R	n	K	R	a	b	R
7,576	9,388	0,943	4,388	5,002	0,994	5,849	1,350	0,962

*1.2.4. Effet de la présence des anions*

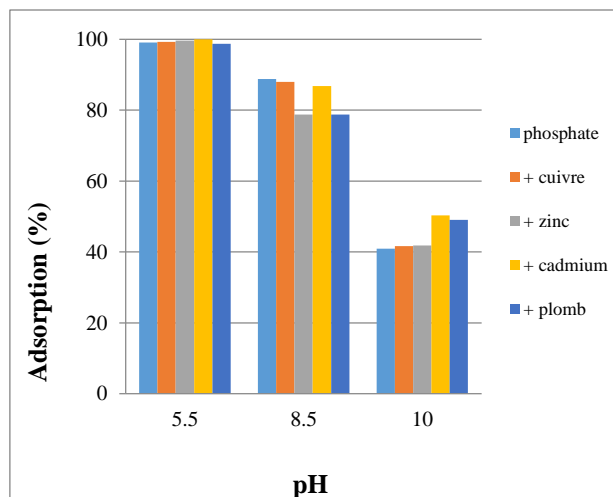
L'effet de la présence des ions sulfate, chromate, citrate, tartrate et oxalate sur l'élimination des ions phosphate est représenté dans la Figure 4. Les résultats obtenus montrent que la présence des ions citrate et tartrate n'a aucun effet sur l'élimination des ions phosphate par la goethite. Cependant, en présence des ions sulfate et chromate, l'adsorption est réduite à pH 7,5. En présence des ions oxalate, une diminution de la fixation des ions phosphate sur la goethite est observée à pH 3.



**Figure 4 :** Effets de la présence des anions sur l'évolution de l'adsorption des phosphate sur la goethite (dose de la goethite: 3 g/l;  $C_0$ : 10 mg/l;  $C_{anions}$ : 10 mg/l; t: 1h).

*1.2.5. Effet de la présence des cations*

Les effets de la présence des ions cuivre, zinc, cadmium et plomb sur l'élimination des ions phosphate sont également liés à la nature du métal et du pH (Figure 5). A pH 5,5, aucun effet n'est enregistré. A pH 8,5, la fixation des ions phosphate est réduite en présence des ions  $Zn^{2+}$  et  $Pb^{2+}$ . Cependant, aucun effet n'est observé en présence des ions  $Cu^{2+}$  et  $Cd^{2+}$ . A pH 10, une amélioration du taux d'adsorption de phosphate est observée en présence des ions  $Cd^{2+}$  et  $Pb^{2+}$ .



**Figure 5 :** Effet de la présence des cations sur l'évolution de l'adsorption des phosphate sur la goethite (dose de la goethite: 3g/l;  $C_0$ :10 mg/l;  $C_{\text{cations}}$ : 0,01mM; t: 1 h).

### 1.3. Conclusion

Les résultats de la présente étude montrent que les ions phosphates sont significativement retenus par la goethite aux pH rencontrés dans les eaux naturelles. L'effet de la présence des ions compétiteurs sur l'élimination des ions phosphate est lié à la nature des ions et au pH.

### Références

- [1]. **Klapper H (1991)**., Control of Eutrophication in Inland Water, Ellis Horwood, Chichester.
- [2]. **Spears BM.; Carvalho L.; Perkins R.; Kirika A.; Paterson DM (2006)**., Spatial and historical variation in sediment phosphorus fractions and mobility in a large shallow lake. Water Research. 40, 383-391.
- [3]. **Arai Y.; Sparks DL (2001)**., ATR-FTIR spectroscopic investigation on phosphate adsorption mechanisms at the ferrihydrite-water interface. Journal of Colloid Interface Science. 241, 317-326.
- [4]. **Li L.; Stanforth R (2000)**., Distinguishing Adsorption and Surface Precipitation of Phosphate on Goethite ( $\alpha$ -FeOOH). Journal of Colloid and Interface Science. 230, 12-21.
- [5]. **Merabet S.; Boukhalfa C.; Chellat S.; Boulouf A (2016)**., Characterization of Chromium (III) Removal from Water by River bed Sediments - Kinetic and Equilibrium studies. J. Mater. Environ. Sci. 7 (5), 1624-1632.
- [6]. **Bouhouf L.; Boukhalfa C.; Boulouf A (2015)**., Characterization of Phosphate and Chromate Adsorption on Commercial Iron Oxide. RJPBCS. 6(2), 1721-1728.