

Elimination du fer par procédés d'oxydation et d'adsorption sur charbon de pin d'alep

[Elimination of iron by processes of oxidation and by adsorption on coal of pine]

Ruiti Manel and Bechir Ben Thayer

Department of Management and Environment,
University of Jendouba, High Institute of Rural Engineering and Equipment Medjez El Bab,
Laboratory of chemistry and water quality, Medjez El Bab, Beja, Tunisia

Copyright © 2015 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The aim of our study is to apply of simple, effective and less expensive methods of treatment of the iron of natural water.

For these reasons, we chose oxidation by simple agitation and adsorption on a natural material, coal of the wood of pine.

The tests showed that agitation does not have any effect on elimination of iron in an acid medium

The oxidation of iron by simple agitation is supported by a basic Ph, with pH = 8 the concentration of residual iron in water reached 0,62 mg/l at 15 min of agitation, iron is completely to eliminate with pH = 10.

The tests of adsorption showed that balance is reached at 10 min; the adsorption of iron on coal of pine is a fast phenomenon.

The study of factor which influence the kinetics of adsorption by coal of pine reveal that the output of adsorption increase with the increase in ph (97% with pH= 9).

The variation stirring velocity shows that the good output is obtained at a speed of 100 turns/ min.

The isotherm of adsorption obeys the model of Freundlich.

KEYWORDS: agitation, adsorbent, isotherm, Freundlich, Langmuir.

RESUME: L'objectif de notre étude porte sur l'application des méthodes de traitement simples, efficaces et moins coûteuses pour la rétention du fer des eaux naturelles.

Pour ces raisons, nous avons choisi l'oxydation par simple agitation et l'adsorption sur un matériau naturel, charbon du bois de pin.

Les essais ont montré que l'agitation n'a aucun effet sur l'élimination du fer au milieu acide.

L'oxydation du fer par simple agitation est favorisée par un pH basique. A pH = 8, la concentration du fer résiduel dans l'eau atteint 0,62 mg/l.

Après 15min d'agitation, le fer est totalement éliminer pour une valeur de pH= 10.

Les essais d'adsorption ont montré que l'équilibre est atteint après 10 min, l'adsorption du fer sur le charbon de bois de pin est un phénomène rapide.

L'étude des facteurs qui influent sur la cinétique d'adsorption sur le charbon du bois de pin d'alep révèlent que le rendement d'adsorption augmente avec l'augmentation de pH (97% à pH=9)

La variation de la vitesse d'agitation montre que le bon rendement est obtenu à une vitesse de 100 tours/min.

L'isotherme d'adsorption obéit le modèle de Freundlich.

MOTS-CLEFS: agitation, adsorbant, isotherme, Freundlich, Langmuir.

1 INTRODUCTION

Le fer est le quatrième élément de la croûte terrestre, le deuxième métal le plus abondant dans la terre [1], il est présent principalement dans les eaux souterraines mais également dans les eaux superficielles.

La présence du fer dans les sources naturelles est attribuable à la décomposition des roches et des minéraux, aux eaux acides des drainages des mines, aux eaux de lessivages des décharges contrôlées, aux effluents d'égouts ainsi qu'aux rejets des secteurs industriels qui traitent le fer.

Une surcharge de l'organisme humain en fer peut entraîner une hémochromatose primitive (mauvaise régulation de l'absorption du fer par l'intestin) et même une cancérisation hépatique (risque de cancer du foie), ces troubles interviennent généralement lorsque la concentration du fer dans l'eau est supérieure à 10mg/l [2].

A des concentrations inférieures, les problèmes liés à la présence du fer dans l'eau de boisson sont d'ordre esthétique. En effet, la présence de cet élément en excès engendre la dégradation de la qualité de l'eau, la corrosion et le colmatage des ouvrages de stockage et de canalisation de l'eau [3]. De plus, la précipitation du fer favorise le développement des bactéries qui peuvent provoquer une coloration rougeâtre [4], [5].

L'élimination du fer des eaux fait l'objet de nombreux travaux [6], [7], [8], [9].

Plusieurs méthodes de traitement sont développées dont les procédés les plus employés sont l'oxydation chimique par des oxydants plus ou moins forts (chlore, permanganate de potassium, l'oxygène et l'ozone) et des procédés biologiques qui font intervenir des micro-organismes.

Dans ce cadre, nous avons choisi deux méthodes d'enlèvement du fer des eaux souterraines : l'oxydation par simple agitation et l'adsorption sur charbon de pin d'alep. Le choix de ces deux méthodes est basé sur le rapport coût /efficacité et sur la facilité de manipulation .

2 MATERIELS ET METHODES

2.1 ECHANTILLONNAGE ET METHODES DE TRAITEMENT

Le prélèvement d'eau à étudier a été effectué à partir d'une source localisée à la région de Ain Drahem, Nord Ouest de la Tunisie, caractérisée par une concentration élevée en fer.

Notre prélèvement d'eau est réalisé d'une manière directe à l'aide d'un flacon polyéthylène de 5L et transporté au laboratoire.

La concentration en fer est mesurée avec un spectrophotomètre de type DR4000/HACH.

L'oxydation du fer par simple agitation est appliquée à l'aide d'un agitateur magnétique.

L'adsorbant utilisé pour la rétention du fer est le charbon de pin d'alep broyé, tamisé à 80µm, séché à l'étuve à 105°C et conservé dans des flacons en polyéthylène.

2.2 DOSAGE DU FER PAR METHODE COLORIMETRIQUE A L'ORTHOHÉNANTROLINE

À l'ébullition, l'acide chlorhydrique libère le fer sous forme ionique. Il est ensuite réduit à l'état ferreux par l'acide ascorbique et dosé colorimétriquement en utilisant la coloration donnée par les sels ferreux avec l'orthophenantroline « Rodier, 1984 ».

Nous effectuons une lecture de la densité optique à une longueur d'onde = 510nm, puis nous déterminons la concentration du fer par interpolation à l'aide de la courbe d'étalonnage.

2.3 DESCRIPTION DES ESSAIS D'OXYDATION ET D'ADSORPTION DU FER

2.3.1 OXYDATION

L'oxydation consiste à faire passer le fer de la forme dissoute Fe^{2+} à une forme insoluble oxydée.

Nous avons appliqué l'oxydation par simple agitation qui consiste à agiter 100ml d'eau à une vitesse d'agitation de 50 tours /min avec une variation de temps d'agitation et de pH par addition des doses croissantes d'acide chlorhydrique (HCl) et d'hydroxyde de sodium NaOH et nous avons mesuré la concentration du fer résiduel à pH (1,5 ; 3 ; 8 ; 10).

2.3.2 ADSORPTION

Dans le but de l'élaboration des supports moins coûteux et efficaces pour la rétention du fer, nous avons testé le pouvoir adsorbant du charbon de bois de pin d'alep.

Les expériences sont déroulées en système « Batch » : nous avons ajouté à 100ml d'eau à analysée une masse de charbon et nous avons agité pendant 10min à une vitesse de 50tours/min et à une température ambiante (16°C ±2°C).

L'échantillon est ensuite filtré à l'aide d'un papier filtre de 45µm de diamètre et nous avons mesuré la concentration résiduelle en fer.

2.4 ETUDE DES FACTEURS QUI INFLUENT SUR LA CINETIQUE D'ADSORPTION

2.4.1 INFLUENCE DE TEMPS D'AGITATION

L'expérience est réalisée en système « Batch » : nous avons ajouté à un volume de 100ml d'eau à traitée 0,1g de charbon du bois de pin d'alep (adsorbant), la vitesse est fixée à 50 tours /min et nous avons fait varier le temps d'agitation.

2.4.2 INFLUENCE DE PH

Le pH joue un rôle primordial dans toute étude d'adsorption, il peut conditionner à la fois la charge superficielle de l'adsorbant et la structure de l'adsorbat.

Nous avons effectué la même procédure en système « Batch » en ajustant pH initial de l'eau à analysée en utilisant des solutions de NaOH (1N) et de HCl (1N) pour différentes pH étudiés (1 ; 3 ; 7 ; 9).

2.4.3 INFLUENCE DE LA VITESSE D'AGITATION

Nous avons appliqué la même procédure d'adsorption en mode statique, nous avons mélangé 0,1g du charbon de bois de pin d'alep avec 100ml d'eau à analyser et nous avons fixé le temps d'agitation à 10min et faire varier la vitesse d'agitation de 50tours/min à 300 tours /min.

2.5 ISOTHERME D'ADSORPTION

L'étude de l'isotherme d'adsorption est fondamentale pour déterminer de la capacité et la nature d'adsorption.

L'expérience a été faite en système Batch : nous avons mélangé 100ml d'eau avec différentes masses d'adsorbant de 0,1g à 1g (avec pas de 0,1) pour une concentration en fer égale à 7 mg/l, à pH de la solution et à température ambiante.

Nous avons appliqué aux données expérimentales mesurées les équations de deux modèles Freundlich et Langmuir.

Rappelons que la linéarisation des équations de Freundlich et de Langmuir s'expriment par :

Equation de Freundlich : $\ln(Q_e) = \ln k + 1/n \ln(C_e)$

Equation de Langmuir : $C_e / Q_e = 1 / (kaqm) + 1 / qm$

Avec : (Q_e) : quantité du fer fixée sur l'adsorbant (mg/g)

(C_e) : la concentration du fer à l'équilibre (mg/l)

K : coefficient de Freundlich, qui représente la quantité du fer adsorbée pour une concentration unitaire dans la solution d'équilibre

n : pente de l'isotherme de Freundlich reflétant le degré auquel l'adsorption est en fonction de la concentration (n = 1 : Isotherme linéaire)

qm : la quantité nécessaire pour couvrir la surface entière avec une monocouche de substance adsorbée (mg/g)

b : constante d'énergie

3 RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 OXIDATION PAR SIMPLE AGITATION

Les essais d'oxydation par simple agitation à différents pH (pH= 1,5 ; pH = 3 ; pH= 8 ; pH=10) (figure 1) montrent que l'agitation n'a pas un effet significatif sur l'élimination du fer en milieu acide, le fer n'est donc pas oxydé par agitation en milieu acide [10].

L'oxydation du fer par simple agitation est favorisée par pH basique, à pH= 10 une élimination totale du fer après 15 min d'agitation.

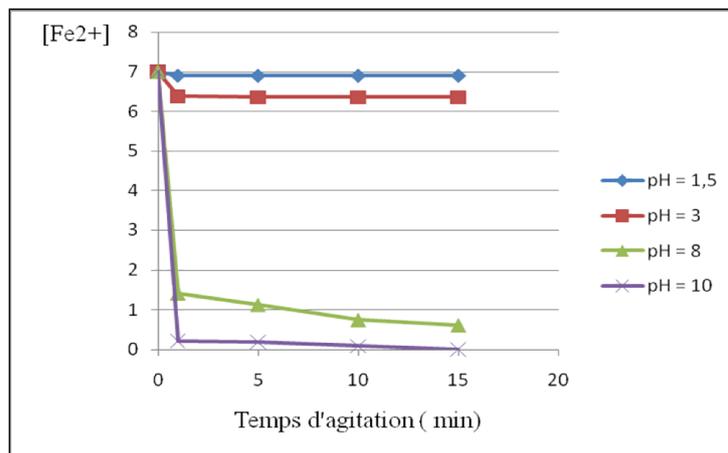


Fig. 1. Elimination du fer par simple agitation à différents pH de milieu

3.2 ADSORPTION

3.2.1 INFLUENCE DE TEMPS D'AGITATION

Les résultats présentés par la figure 2 montrent que la cinétique de fixation du fer sur le charbon du bois de pin d'alep est rapide. Le temps de contact peut être estimé à 10 minutes correspond à un rendement maximal d'adsorption d'ordre de 95%, l'extension de ce temps jusqu'à 20 minutes ne conduit pas à une amélioration de rendement d'adsorption, ce qui justifie l'état de saturation de l'adsorbant.

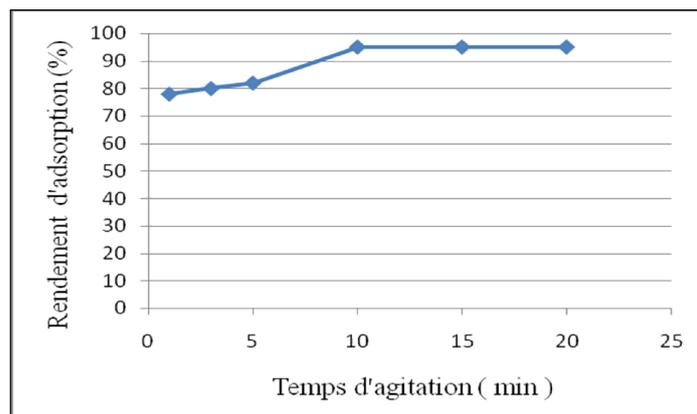


Fig. 2. Influence de temps d'agitation sur le rendement d'adsorption du fer

3.2.2 INFLUENCE DE PH

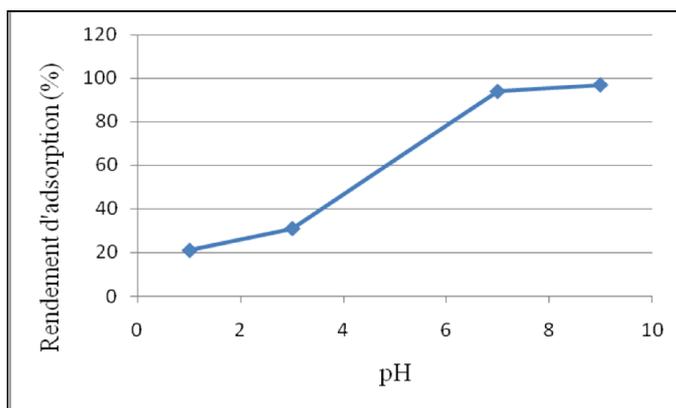


Fig. 3. Influence de pH sur le rendement d'adsorption

Les résultats obtenus (figure 3) révèlent que la rétention du fer est fortement liée au pH de milieu.

Le rendement d'adsorption de fer sur le charbon du bois de pin d'alep augmente avec l'augmentation de pH de milieu pour atteindre 97% à pH= 9.

3.2.3 INFLUENCE DE LA VITESSE D'AGITATION

Le suivie de rendement d'élimination du fer en fonction de la vitesse d'agitation (figure 4) montre que l'augmentation progressive de la vitesse d'agitation fait augmenter le taux d'élimination du fer, jusqu'à une élimination totale à une vitesse d'agitation de 300 tours/min

L'augmentation de la vitesse d'agitation favorise d'une part le bon contact adsorbant /adsorbat, et améliore l'oxygénation du milieu d'autre part, par conséquence l'amélioration de taux d'élimination du fer.

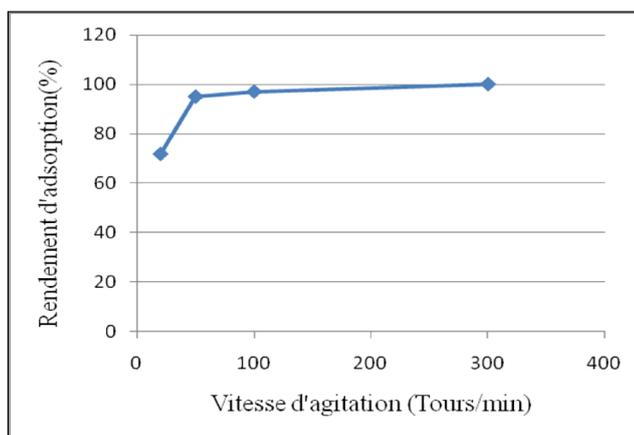


Fig. 4. Influence de la vitesse d'agitation sur le rendement d'adsorption du fer

3.3 ISOTHERME D'ADSORPTION

L'étude de l'équilibre mise en jeu entre l'adsorbant (charbon du bois de pin d'alep) et le fer par méthode d'isotherme d'adsorption (figure 5) montre que l'allure de l'isotherme expérimentale est de type II, par conséquence, le charbon de pin d'alep est un adsorbant microporeux et l'adsorption est multicouche.

Les molécules adsorbés favorisent l'adsorption ultérieure d'autres molécules (adsorption coopérative) et ceci dû aux molécules qui s'attirent par des forces de Van Der Waals et se tassent les unes contre les autres.

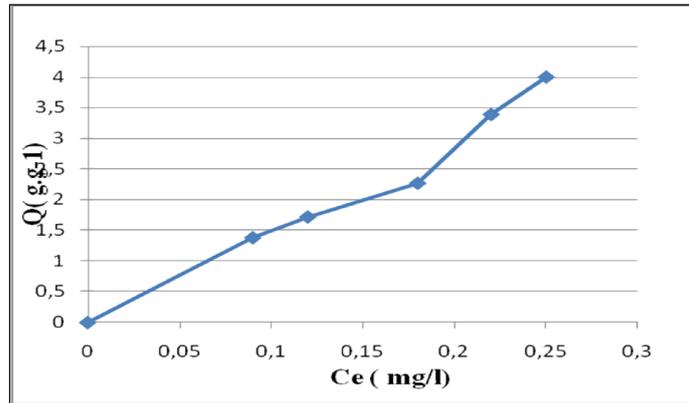


Fig. 5. Isotherme d'adsorption

La modélisation des résultats expérimentaux montre une bonne concordance avec le modèle de Freundlich. En effet, les coefficients de corrélations trouvés sont proches de l'unité ($R^2 = 0,83$), contrairement à celui de Langmuir.

L'isotherme n'obéit pas le modèle de Langmuir et l'adsorption est de type multicouche.

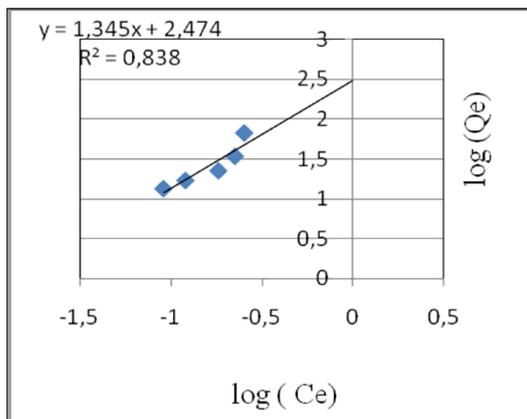


Fig. 6. Isotherme de Freundlich

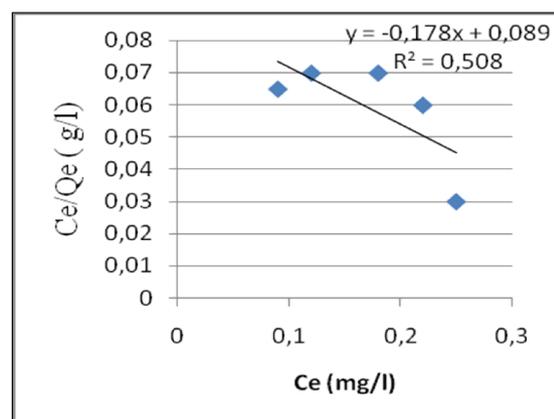


Fig. 7. Isotherme de Langmuir

Le tableau 1 résume les paramètres de l'exploitation des résultats expérimentaux selon modèle de Freundlich

Tableau 1. Paramètres des modèles de Freundlich et Langmuir

Type d'isotherme	Paramètres	Valeurs
Freundlich	n	0,81
	K	2,474
	R2	0,83

4 CONCLUSION

L'objectif de notre travail est d'éliminer le fer des eaux naturelles par simple agitation à l'air et par adsorption sur charbon du bois de pin d'alep.

Nos résultats ont bien montré que l'oxydation par simple agitation se fait à pH basique.

L'étude du pouvoir adsorbant de charbon du bois de pin d'alep révèle qu'il s'agit d'un excellent adsorbant du fer et la cinétique d'adsorption dépend de pH, de temps et de vitesse d'agitation.

Le rendement d'adsorption maximal est de l'ordre de 95% après 10min d'agitation et à une vitesse optimale de 50 tours/min.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tout l'équipe de laboratoire chimie et qualité des eaux à l'École Supérieure des Ingénieurs de l'Équipement Rural Medjez El Bab, Tunisie.

REFERENCES

- [1] U. Schwetmann and R.M. Taylor, "The transformation of lepidocrocite to goethite," *Clays and Clays Minerals*, vol. 20, pp. 151–158, 1972.
- [2] K. Fernand, G.D.Lanciné and A.J.Touchard, "Elimination du fer et de manganèse par aération-filtration des eaux de fourrage en zone rurale dans les pays en développement : cas de la région de Tissalé (sud de la côte d'Ivoire)," *European Journal of scientific Research*, vol. 19, no. 3, pp. 558–567, 2008.
- [3] P. Mouchet, "Elimination du fer et de manganèse contenus dans les eaux souterraines : problèmes classiques, progrès récents," *water supply*, vol. 3, pp. 137–149, 1985.
- [4] L.D. Benefield, J.F. Judkins and B.L. Weand: *Process chemistry for water and wastewater treatment*, Prentice-Hall, New-Jersey, 1982.
- [5] B.J. Ahmad, W.H. Cheng, W.M. Low and M.J. Megat Mohd Noor, "Study on the removal of iron and manganese in groundwater by granular activated carbon", *Desalination*, vol.182, pp347-353, 2005.
- [6] W. Stumm and G.F. Lee, "oxygenation of ferrous iron," *Industrial and Engineering chemistry*, vol. 53, pp. 143–146, 1961.
- [7] M.M.Ghosh, J.T.O'Connor and R.S.Elgelbrecht, "Precipitation of iron in aerated ground water," *Journal of the Sanitary Engineering Division, ASCE*, vol. 92, pp. 199–213, 1966.
- [8] S. Azzaoui, E.M. Hanbali and M. Leblanc, "Cuivre, plomb, fer et manganèse dans le bassin versant de Sebou: sources d'apport et impact sur la qualité des eaux de surface", *Water Qual.Res .J . Canada*, vol.37, no.34, pp 773-784.
- [9] V.A.Pacini, A.Ingallinella and G.Sanguinetti, "Removal of iron and manganese using biological roughing up flow filtration technology," *Water research*, vol. 39, pp. 4463–4475, and 2005.
- [10] Y.Boukari, G.Matejka, B.Parinet and P.Simon", "la mise à l'équilibre des eaux tropicales : conséquences sur la déferisation", *Revue Sciences de l'Eau*, vol.1, no.4, p 339-353,1988.