

Fiche technique

Volume: 2 Numéro : 4

Année : 2018



Élimination du manganèse présent dans l'eau potable

Mots clés : sable vert, oxydation, adsorption, filtration, biologique

Manganèse présent dans l'eau potable

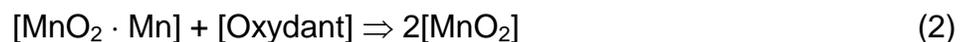
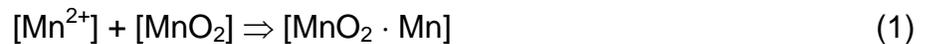
Il est courant de trouver du manganèse avec du fer dans l'eau souterraine, et, en règle générale, on ne considère pas qu'il s'agisse d'un problème de santé (MEACC, 2006). Toutefois, diverses difficultés peuvent se manifester s'il y a trop de manganèse dans l'eau, telles que la présence d'un goût métallique et la coloration de l'eau, la souillure du linge et des appareils de plomberie, la formation de dépôts dans le réseau de distribution et la plomberie et une altération du processus de désinfection (Ellis *et al.*, 2000). Les Normes de qualité de l'eau potable de l'Ontario pour le manganèse stipulent un objectif esthétique de 0,05 mg/L (MEACC, 2006); toutefois, comme il apparaît de plus en plus qu'il existe des effets éventuels sur la santé, Santé Canada a proposé une concentration acceptable maximale (CAM) de 0,1 mg/L, et un objectif esthétique de 0,02 mg/L pour le manganèse total dans l'eau potable (Santé Canada, 2016).

Le manganèse (Mn) est présent dans les eaux naturelles sous forme de divers états de valence et espèces, mais principalement sous forme de manganèse dissous (II). La plupart des auteurs estiment que le manganèse traversant un filtre de 0,45 µm est soluble, et que la quantité qui ne traverse pas le filtre est insoluble. Il existe plusieurs techniques pour éliminer le manganèse présent dans les sources d'eau potable. Deux méthodes courantes sont la technique d'adsorption/oxydation et la méthode d'oxydation/filtration (Tobiason *et al.*, 2008). Le processus d'adsorption/oxydation consiste à utiliser un matériau filtrant (p. ex. sable vert revêtu d'oxyde de manganèse) possédant la capacité d'adsorber le manganèse soluble, qui est ensuite oxydé en manganèse insoluble par oxydation ultérieure. La méthode d'oxydation/filtration consiste à appliquer un oxydant fort pour oxyder le manganèse soluble en manganèse insoluble, qui est ensuite éliminé par un processus d'élimination physique des particules (p. ex. une filtration et une membrane).

Méthode d'adsorption/oxydation

Le sable vert au manganèse est fabriqué à partir d'un minéral glauconitique soumis à des traitements chimiques dans le but de former un revêtement d'oxyde de manganèse sur les grains de sable, cet oxyde de manganèse (MnO₂) étant capable d'adsorber le Mn dissous (Morgan et

Stumm, 1964). Le sable vert au manganèse a été utilisé efficacement pour l'élimination du fer (Fe) et du manganèse depuis plusieurs décennies (Knocke *et al.*, 1990). Un filtre à sable vert est habituellement composé de trois couches. La couche supérieure est normalement constituée d'antracite, la suivante de sable vert au manganèse, et la dernière de gravier granulométré au fond. Les grains du sable vert ont une taille effective de 0,30 à 0,35 mm et un coefficient d'uniformité de 1,6 ou moins (Knocke *et al.*, 1988). L'élimination du Mn soluble est réalisée par adsorption puis par des processus d'oxydation. L'adsorption du manganèse solide sur la surface de l'oxyde et son oxydation ultérieure par un oxydant sont indiqués ci-dessous (Van Benschoten, 1992).



Lorsque des filtres à sable vert revêtus de sable vert sont utilisés pour le traitement de l'eau, le manganèse soluble est adsorbé sur les grains de sable et est associé au revêtement d'oxyde de manganèse (équation 1) sans être toutefois oxydé. L'oxydant oxyde le manganèse soluble associé pour le transformer en oxyde de manganèse (équation 2), celui-ci étant ensuite éliminé par lavage du filtre à contrecourant.

Le matériau filtrant est régénéré de façon continue ou intermittente afin que sa capacité d'oxydation soit restaurée (Merkle, 1997a). La régénération continue est préférable pour les eaux dont les concentrations en fer sont élevées (p. ex. > 0,3 mg/L) et les concentrations en manganèse sont faibles (p. ex. < 0,05 mg/L) si l'élimination du fer est le but principal. Dans la régénération continue, un oxydant fort tel que du permanganate de potassium ou du chlore libre est introduit dans l'eau avant que celle-ci traverse le filtre. Il en résulte que le fer et une partie du manganèse sont oxydés en des formes insolubles avant d'atteindre le filtre. Le reste du manganèse soluble est ensuite adsorbé sur la surface des grains de sable (Merkle, 1997a). Par ailleurs, la régénération intermittente convient lorsque la concentration en manganèse est élevée (p. ex. > 0,05 mg/L) et la concentration en fer est faible (p. ex. < 0,3 mg/L). Dans le mode de la régénération intermittente, aucun oxydant n'est ajouté avant le filtre. En fait, l'adsorption et l'oxydation du manganèse se produisent directement sur les grains de sable vert. Après le traitement d'un volume donné d'eau, la capacité d'adsorption/oxydation du matériau est épuisée et une régénération est nécessaire. Ce processus est normalement réalisé par trempage du matériau pendant plusieurs heures dans une solution de permanganate de potassium de 2 à 3 % (Sommerfeld, 1999). L'excès du permanganate utilisé durant la régénération peut être recyclé pour la génération suivante, ce qui permet de minimiser le coût du produit chimique (Merkle, 1997b).

Méthode d'oxydation/filtration

L'oxydation du manganèse est couramment réalisée à l'aide de chlore libre, de dioxyde de chlore, d'ozone et de permanganate de potassium. Le chlore libre est souvent employé, car il est économique et facile à introduire. On doit prévoir un temps de contact et un dosage suffisant du

chlore pour que l'oxydation du Mn soluble soit efficace. En outre, ce processus d'oxydation n'est pas efficace pour un pH < 9 (Knocke *et al.*, 1988). D'autres demandes de chlore résultant de la présence de matières organiques naturelles et d'ammoniac nécessiteront que la dose de chlore soit bien plus élevée pour que le manganèse soluble soit complètement oxydé. La formation de sous-produits de désinfection est un problème si le chlore est utilisé dans des eaux contenant des niveaux élevés de matières organiques naturelles.

Le permanganate de potassium (KMnO₄) est largement utilisé dans des installations de traitement de l'eau pour l'oxydation du manganèse et du fer solubles. La dose stœchiométrique pour l'oxydation du fer (Fe²⁺) et du manganèse (Mn²⁺) solubles est 0,94 et 1,92, respectivement. (Knocke *et al.*, 1991a). Il s'ensuit que le calcul de la détermination de la dose requise de permanganate pour oxyder le fer et le manganèse en amont du filtre est donné par l'équation 3 (Sommerfeld, 1999). Il est important d'optimiser la dose de permanganate, car un excès de permanganate dans l'eau produit une solution rose qui donne lieu à des plaintes des clients, et une dose insuffisante de permanganate ne permet pas d'oxyder le Mn soluble à un niveau approprié (p. ex. <0,01 mg/L). Toutefois, des faibles températures et la présence de matières organiques naturelles peuvent accroître le temps nécessaire pour qu'une oxydation efficace se produise (Gregory et Carlson, 2003), et il est donc difficile d'optimiser le processus.

$$\text{Dose de KMnO}_4 \text{ (mg/L)} = 1 \times [\text{Concentration de Fe}] + 2 \times [\text{Concentration de Mn}] \quad (3)$$

La filtration sur couches est couramment utilisée pour éliminer le Mn insoluble après le processus d'oxydation. Il est par conséquent important de déterminer si tout le Mn soluble présent dans l'eau est devenu insoluble. Si tout le Mn soluble n'est pas devenu insoluble, une partie du Mn continuera d'être présent sous forme colloïdale. Il a été déterminé que le Mn colloïdal présent dans l'influent du filtre n'est pas toujours éliminé efficacement par filtration sur couches (Knocke *et al.*, 1991b, Carlson *et al.*, 1997). On peut également utiliser une filtration sur membrane pour éliminer le manganèse, mais le manganèse soluble ne peut pas être efficacement éliminé par membrane sans être d'abord oxydé pour passer à la forme insoluble. Par exemple, la microfiltration avec préoxydation par permanganate ainsi que le processus d'oxydation avancé (Teng *et al.*, 2001; Ellis *et al.*, 2000) et l'ultrafiltration avec préchloration en ligne ont été employés avec succès pour l'élimination du manganèse et/ou du fer présents dans les eaux souterraines (Choo *et al.*, 2005).

Méthode biologique

Des méthodes biologiques ont été mises à l'essai pour traiter les eaux souterraines contenant du Mn au cours des dernières années, et tout particulièrement des processus de biofiltration dans lesquels des bactéries oxydantes du manganèse sont utilisées (Burger *et al.*, 2008). Cette technologie est une autre méthode de traitement peu coûteuse et s'est révélée très prometteuse pour l'élimination du Mn dissous ainsi que d'autres contaminants (Han *et al.*, 2013). Tekerlekopoulou *et al.* (2013) ont examiné divers filtres biologiques à l'échelle pilote et pleine grandeur qui ont été utilisés pour l'élimination combinée ou simultanée du manganèse, du fer et de l'ammoniac, ainsi que des facteurs et des conditions qui se sont révélés avoir un effet sur le

processus. La biofiltration peut éliminer le manganèse sans l'utilisation d'oxydants chimiques et dans des conditions de pH naturelles (Pacini *et al.*, 2005), l'élimination du manganèse atteignant plus de 95 %. Les avantages des traitements biologiques comparativement aux méthodes chimiques et physiques sont : aucune utilisation de produits chimiques, débits de filtration plus élevés, et coûts d'entretien et d'utilisation plus faibles.

Avertissement

Cette fiche technique est présentée uniquement à titre d'information. Elle n'a pas pour but de fournir des conseils ou des recommandations dans des circonstances quelconques. Cette fiche technique est une compilation d'informations provenant de diverses sources, et l'exactitude et la complétude de ces informations n'ont pas été indépendamment confirmées. Les informations fournies n'impliquent pas de la part du gouvernement de l'Ontario, du Centre de Walkerton pour l'assainissement de l'eau (Centre) ou de ses employés une approbation ni une garantie à leur sujet. Le gouvernement de l'Ontario, le Centre et ses employés n'assument aucune responsabilité concernant les informations, interprétations, commentaires et opinions exprimés dans cette fiche technique.

Références

- Burger, M.S., Krentz, C.A., Mercer, S.S., Gagnon, G.A., 2008. Manganese removal and occurrence of manganese oxidizing bacteria in full-scale biofilters. *Journal of Water Supply: Research and Technology - AQUA* 57, 351–359.
- Carlson, K.H., Knocke, W.R., Gertig, K.R., 1997. Optimizing treatment through Fe and Mn fractionation. *Journal of American Water Works Association*. 89, 162–166.
- Choo, K.-H., Lee, H., Choi, S.-J., 2005. Iron and manganese removal and membrane fouling during UF in conjunction with prechlorination for drinking water treatment. *Journal of Membrane Science*. 267, 18–26.
- Ellis, D., Bouchard, C., Lantagne, G., 2000. Removal of iron and manganese from groundwater by oxidation and microfiltration. *Desalination* 130, 255–264.
- Gregory, D., Carlson, K., 2003. Effect of soluble Mn concentration on oxidation kinetics. *Journal of American Water Works Association*. 95, 98–108.
- Han, M., Zhao, Z., Gao, W., Cui, F., 2013. Study on the factors affecting simultaneous removal of ammonia and manganese by pilot-scale biological aerated filter (BAF) for drinking water pre-treatment. *Bioresource Technology* 145, 17–24.
- Health Canada, 2016. Manganese in drinking water. Document for Public Consultation. Prepared by the Federal-Provincial-Territorial Committee on Drinking Water. Consultation period ends August 5, 2016.
- Knocke, W.R., Occiano, S., Hungate, R., 1990. Removal of soluble manganese from water by oxide-coated filter media. AWWA Research Foundation and the American Water Works Association.

- Knocke, W.R., Occiano, S.C., Hungate, R., 1991a. Removal of soluble manganese by oxide-coated filter media: sorption rate and removal mechanism issues. *Journal of American Water Works Association*. 64–69.
- Knocke, W.R., Van Benschoten, J.E., Kearney, M.J., Soborski, A.W., Reckhow, D.A., 1991b. Kinetics of manganese and iron oxidation by potassium permanganate and chlorine dioxide. *Journal of American Water Works Association*. 83, 80–87.
- Knocke, W.R., Ramon, J.R., Thompson, C.P., 1988. Soluble manganese removal on oxide-coated filter media. *Journal of American Water Works Association*. 65–70.
- Merkle, P.B., Knocke, W.R., Gallagher, D.L., 1997a. Method for coating filter media with synthetic manganese oxide. *Journal of Environmental Engineering*. 123, 642–649.
- Merkle, P.B., Knocke, W.R., Gallagher, D.L., Little, J.C., 1997b. Dynamic model for soluble Mn²⁺ removal by oxide-coated filter media. *Journal of Environmental Engineering*. 123, 650–658.
- MEACC 2006. Technical Support Document for Ontario Drinking Water Standards, Objectives and Guidelines.
- Morgan, J.J., Stumm, W., 1964. Colloid-chemical properties of manganese dioxide. *Journal of Colloid Science*. 19, 347–359.
- Pacini, V.A., Ingallinella, A.M., Sanguinetti, G., 2005. Removal of iron and manganese using biological roughing up flow filtration technology. *Water Res.* 39, 4463–4475.
- Sommerfeld, E.O., 1999. Iron and manganese removal handbook. American Water Works Association.
- Tekerlekopoulou, A.G., Pavlou, S., Vayenas, D.V., 2013. Removal of ammonium, iron and manganese from potable water in biofiltration units: a review. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. 88, 751–773.
- Teng, Z., Huang, J.Y., Fujita, K., Takizawa, S., 2001. Manganese removal by hollow fiber microfilter. *Membrane separation for drinking water. Desalination* 139, 411–418.
- Tobiason, J.E., Knocke, W.R., Goodwill, J., Hargette, P., Bouchard, R., Zuravnsky, L., 2008. Characterization and performance of filter media for manganese control. AWWA Research Foundation Denver, CO.
- Van Benschoten, J.E., Lin, W., Knocke, W.R., 1992. Kinetic modeling of manganese (II) oxidation by chlorine dioxide and potassium permanganate. *Environmental Science & Technology*. 26, 1327–1333.

Cours de formation semblables

Le CWAE peut offrir des cours en rapport avec ce sujet. Veuillez parcourir nos descriptions de cours pour en savoir plus sur des formations semblables; www.wcwc.ca/registration

Pour de plus amples renseignements

Pour de plus amples renseignements et des ressources dans les domaines de la recherche sur l'eau potable et les programmes de formation des exploitants de réseaux d'eau, veuillez visiter notre site Web : www.wcwc.ca

Centre de Walkerton pour l'assainissement de l'eau
20, rue Ontario, boîte postale 160
Walkerton (Ontario) N0G 2V0
519 881-2003 ou sans frais 866 515-0550