Etude de la lixiviation de l'aluminium de matériaux cimentaires à base de CEM III utilisés dans les canalisations d'eau potable : approche expérimentale et numérique

Résumé :

Une consommation importante d'aluminium peut être dangereuse pour l'Homme. C'est pourquoi l'Union Européenne (UE, 98/83/CE) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) recommandent une concentration inférieure à 200 µg/L dans l'eau potable pour cet élément. Certaines canalisations utilisées pour le transport de l'eau potable sont composées d'un tuyau en fonte revêtu intérieurement de mortier cimentaire à base de CEM III. Le flux d'eau dans le tuyau entraîne une lixiviation pouvant conduire au relargage dans l'eau potable d'éléments cimentaires, dont l'aluminium. L'incorporation de laitier dans le ciment du revêtement favorise la durabilité du matériau vis-à-vis de la lixiviation mais augmente la teneur en aluminium de la pâte de ciment.

L'objectif de cette thèse est d'étudier la lixiviation de l'aluminium provenant des matrices cimentaires CEM III et leurs évolutions, afin de prévoir la lixiviation à long terme de cet élément. Ce travail a combiné étude expérimentale et modélisations thermodynamique et cinétique (logiciels PhreeqC et Sumo). L'étude visait, dans un premier temps, à quantifier le relargage de l'aluminium par des pâtes de CEM III et à évaluer le mécanisme de lixiviation de cet élément. Dans cette perspective, des tests de lixiviation semi-dynamique à l'eau ultra pure et à l'eau minéralisée à pH 7 ont été menés sur des pâtes de ciment CEM III, broyées et monolithiques, ainsi que sur des matériaux réels (échantillons de canalisation) caractérisés par une structure particulière suite à leur mise en œuvre par centrifugation. Ces essais ont permis de déterminer d'une part l'importance du laitier lors de la lixiviation à long terme de la pâte de CEM III et d'autre part que le mécanisme de lixiviation de l'aluminium dépend de la solution de lixiviation utilisée. Les résultats obtenus ont également montré l'influence de la microstructure des matériaux réels sur la lixiviation du matériau. Lors de ces essais de lixiviation, les concentrations en aluminium obtenues ont été, en grande majorité, inférieures à celle recommandée par l'UE et l'OMS. Les travaux menés en modélisation, dans un second temps, ont porté sur la mise en place d'une base de données adaptée au matériau puis sur la modélisation des essais de lixiviation. Ces derniers ont permis de mieux comprendre l'assemblage minéralogique des phases cimentaires et de suivre leurs dissolutions et précipitations au cours de la lixiviation et du temps.

Mots-clés : lixiviation, pâte CEM III, aluminium, laitier, modélisation.

Study of aluminum leaching of CEM III-based cementitious materials used in drinking water pipes: experimental and numerical approach

Abstract:

High concentration of aluminum in drinking water could be hazardous for human health. This element is limited at 200 µg/L in tap water by the European Union (EU, 98/83/CE) and by the World Health Organization (WHO). Some pipes used for the drinking water distribution consist of ductile cast iron tube coated with cementitious lining made of CEM III cement mortar. The flow of water in the pipe causes leaching that can lead to the release into the drinking water of cementitious elements, including aluminum. The incorporation of blast furnace slag in this cement promotes the durability of the material with for the leaching but it also increases the aluminum content of the cement paste.

The aim of this thesis is to study the leaching of aluminum from CEM III cementitious matrices and to study their evolution, in order to predict, the long-term leaching of this element. This work combined experimental study and thermodynamic and kinetic modeling (PhreeqC and Sumo software). At first, this work aimed to quantify the release of aluminum by CEM III cement paste and to evaluate the leaching mechanism of this element. For this purpose, semi-dynamic leaching tests were carried out with demineralized water and mineralized water with a pH of 7. These tests were done on crushed and monolithic CEM III cement pastes and on real materials (sample of pipe lining) which have a particular structure obtained by centrifugation. They showed the importance of blast furnace slag during the long term leaching of the CEM III and that the aluminum leaching mechanism depends on the leaching solution used. The results obtained also showed the influence of the microstructure of real materials on the leaching of the material. In these leaching tests, the aluminum concentrations obtained are, mostly, lower than those recommended by the EU and the WHO. Secondly, the modeling work focused on the creation of a database adapted to the material then on the modeling of leaching test. They provided a better understanding of the mineralogical assemblage of cementitious phases and permitted to follow their dissolution and their precipitation during leaching and overtime

Key-words: leaching, CEM III paste, aluminum, blast furnace slag, modeling