

La prise de conscience du problème des polluants minéraux dans les eaux destinées à la consommation humaine a conduit les pouvoirs publics à mettre en place des législations de plus en plus sévères vis-à-vis des rejets d'origines diverses (industrielles, urbaines ou agricoles). Parmi ces polluants minéraux, on trouve le fluor, le cadmium et les phosphates, dotés de propriétés chimiques particulières qui leur confèrent une toxicité aussi bien vis-à-vis de l'être humain qu'à l'égard des organismes du règne animal et parfois même végétal.

Le fluor est un corps minéral simple très répandu dans la nature (air, sol, végétaux, eaux). Cet oligo-élément est indispensable à la minéralisation de l'os et confère à l'émail dentaire une résistance contre la carie. Cependant, l'apport de quantités excessives (OMS, 2004) est à l'origine de troubles fonctionnels atteignant en particulier le système ostéodentaire. Ces effets sont connus sous le terme de "Fluoroses". L'intoxication chronique due à cet élément peut avoir diverses origines mais les eaux de boisson constituent le principal vecteur. En Algérie, diverses études épidémiologiques ont permis de conclure que la zone orientale du Sahara septentrional constituait la région la plus exposée au risque fluoritique.

De part ses effets toxiques, sa nature cancérigène mais également sa facilité d'accumulation dans les organismes, le cadmium est un élément chimique qui est devenu l'objet de nombreuses études scientifiques. Les rejets de ce métal dans l'environnement sont envisageables à tous les stades de son utilisation (raffinage, mise en œuvre de déchets industriels et ménagers,...). Les teneurs en cadmium maximales admissibles dans les eaux potables sont de 5 µg/l selon les normes européennes (Rodier, 1996) et de 3 µg/l selon l'organisation mondiale de la santé (OMS, 2004).

Les phosphates font partie des anions assimilables par le corps de l'être humain. Quelque soit leur origine (domestique, industrielle ou agricole), leur présence dans les eaux à fortes concentrations (teneurs supérieures à 0,2 mg/l) favorise le développement massif d'algues, lesquelles conduisent à l'eutrophisation des lacs et des cours d'eau (Rodier, 1996; Potelon et Zysman, 1998). La directive des communautés européennes (CEE) indique comme teneur du phosphore dans l'eau destinée à la consommation humaine un niveau guide de 0,4 mg/l et une concentration maximale admissible de 5 mg/l exprimée en P₂O₅ (Potelon et Zysman, 1998). Par contre, aucune valeur indicative n'est recommandée par l'OMS (OMS, 2004).

Actuellement, il existe plusieurs méthodes d'élimination de ces polluants minéraux des eaux utilisant soit des procédés d'adsorption utilisant différents matériaux (alumine activée, phosphate tricalcique, charbon actif, bentonite, Kaolinite...), des procédés biologiques ou des procédés de précipitation (précipitation chimique à la chaux, floculation aux sels

d'aluminium). A côté de cela, il existe des procédés de déminéralisation non spécifique (osmose inverse, électrodialyse, la nanofiltration,...). Ces derniers peuvent être performants mais pour un pays en voie de développement, le coût élevé de ces procédés et surtout les contraintes d'exploitation et de maintenance rendent leur utilisation peu intéressante.

Dans cet objectif, nous tentons de montrer l'efficacité de la précipitation chimique à la chaux et de la coagulation floculation au sulfate d'aluminium ainsi que de l'adsorption sur bentonite vis-à-vis de l'élimination de chaque élément. Ainsi, notre étude est subdivisée en deux parties. La première comporte les étapes suivantes :

- Une synthèse bibliographique ayant pour objectif de présenter les principales caractéristiques physico-chimiques du fluor, sa présence dans l'environnement et ses effets sur la santé de l'être humain. Nous exposerons en particulier le problème de la fluorose endémique en Algérie et la qualité physico-chimique des eaux du sud algérien concernées par le problème de l'excès de fluor. Nous donnerons également un aperçu sur les travaux réalisés dans le domaine de la défluoruration des eaux soit à l'échelle industrielle ou du laboratoire.

- Une étude expérimentale dont les résultats sont présentés en deux chapitres. Le premier concerne la défluoruration des eaux par des procédés de précipitation chimique en utilisant la chaux ou le sulfate d'aluminium. Les essais sont réalisés, dans un premier temps, sur des solutions synthétiques de l'eau de Drauh dopée par du fluorure de sodium et pour lesquels différents paramètres réactionnels sont variés. Une application des deux traitements de défluoruration est ensuite réalisée sur des eaux de la région de Biskra, naturellement chargées en fluor afin de vérifier l'efficacité du procédé.

Une séquence de traitement combinant la précipitation chimique à la chaux et la coagulation floculation est également proposée sur une eau naturelle afin d'améliorer l'abattement du fluor.

Le deuxième chapitre présente les résultats des essais d'élimination du fluor par adsorption sur deux bentonites différentes. Ce sont les bentonites de Maghnia et de Mostaghanem, provenant de gisements du Nord Ouest algérien. Les essais sont réalisés sur les bentonites brutes puis activées chimiquement. Sur solutions synthétiques de fluorure de sodium, différents paramètres réactionnels sont variés au cours de la rétention du fluor sur ces argiles (temps de réaction, pH, ...).

Le procédé d'adsorption sur ces différentes bentonites est aussi testé sur des eaux naturellement fluorées.

La deuxième partie est consacrée aux deux polluants minéraux précédemment cités, le cadmium et les phosphates. Cette partie est subdivisée en deux étapes :

- Une revue bibliographique sur le cadmium puis les phosphates concernant d'une part l'exposé des principales propriétés des deux éléments, leurs origines, la présence de chaque élément dans l'eau et le domaine de leur utilisation. Il s'agit également d'exposer les principaux procédés d'élimination du cadmium et des phosphates dans l'eau.

- Une étude expérimentale, concernant l'application des trois procédés précités. Les résultats des essais réalisés sont présentés en deux chapitres. Dans le premier, nous présentons les résultats d'élimination du cadmium et des phosphates par des procédés de précipitation chimique à la chaux et par coagulation floculation au sulfate d'aluminium.

Les essais d'élimination du cadmium ont été réalisés sur des solutions synthétiques préparées par dissolution du CdCl_2 aussi bien dans l'eau distillée que dans des eaux naturelles (souterraines et superficielles). Au cours des essais réalisés par ces deux procédés, différents paramètres réactionnels ont été testés (dose de réactifs, pH, teneur initiale du cadmium et présence de sels minéraux).

Pour l'élimination des phosphates, seule l'eau distillée a été utilisée comme milieu de dilution. Lors de l'application de la précipitation chimique à la chaux, nous étudierons l'effet de la dose de chaux ainsi que l'effet de la teneur initiale en ions Ca^{2+} et Mg^{2+} . La coagulation floculation au sulfate d'aluminium a été réalisée à pH constant pendant le traitement en déterminant pour chaque cas la dose optimale du coagulant.

Au cours du deuxième chapitre, nous allons tester les pouvoirs de rétention de la bentonite de Maghnia et celle de Mostaghanem à l'état brut, vis-à-vis du cadmium et des phosphates en vue de leur élimination.

Sur solutions synthétiques d'eau distillée, différents paramètres réactionnels ont été considérés lors de l'élimination du cadmium (temps de contact, masse de bentonite, teneur initiale en cadmium, pH et la présence des ions Ca^{2+} , Mg^{2+} et PO_4^{3-}). L'impact de la présence des sels minéraux a été conduit sur des solutions de cadmium dissous dans les eaux souterraines de minéralisation variable.

Les essais d'élimination des phosphates ont été effectués sur solutions synthétiques d'eau distillée en utilisant les deux bentonites à l'état brut puis activées chimiquement.