
La dureté

Bien que la dureté puisse avoir sur l'eau des effets d'ordre esthétique ou organoleptique, on n'a pas fixé de concentration maximale acceptable car la tolérance du public à l'égard de la dureté peut varier considérablement selon les conditions locales. Une eau dont la dureté est supérieure à 200 mg/L est considérée comme médiocre, mais elle est tolérée par les consommateurs; les eaux dont la dureté est supérieure à 500 mg/L sont inacceptables pour la plupart des usages domestiques. Étant donné que l'adoucissement de l'eau par échange d'ions sodium peut introduire des quantités considérables de sodium dans l'eau potable, on recommande, dans les cas où ce procédé est utilisé, d'assurer un approvisionnement distinct d'eau non adoucie qui servira d'eau de boisson et sera utilisée pour les usages culinaires.

Généralités

La dureté de l'eau sert traditionnellement à mesurer le pouvoir de réaction de l'eau avec le savon. L'eau dure a besoin d'une quantité considérable de savon pour produire de la mousse; par ailleurs, elle provoque également l'entartrage des canalisations d'eau chaude, des chaudières et des appareils ménagers. La dureté de l'eau est due aux ions métalliques polyvalents dissous. Dans l'eau douce, les principaux ions responsables de la dureté sont les ions calcium et magnésium; les ions strontium, fer, baryum et manganèse y contribuent également.⁽¹⁾ La dureté peut être mesurée par la réaction des ions métalliques polyvalents d'un échantillon d'eau avec un chélateur comme l'acide éthylène-diaminotétracétique (EDTA) et est exprimée en concentration équivalente de carbonate de calcium.^(1,2) On peut également évaluer la dureté de l'eau en déterminant séparément la concentration de chaque élément de la dureté et en exprimant leur somme en quantité équivalente de carbonate de calcium. Le degré de dureté de l'eau potable peut être classé comme suit, en fonction de la concentration de carbonate de calcium (CaCO_3): eau douce, de 0 à <60 mg/L; eau modérément dure, de 60 à <120 mg/L; eau dure, de 120 à <180 mg/L; eau très dure, 180 mg/L et plus.⁽³⁻⁵⁾

Même si la dureté est causée par des cations, on parle souvent de dureté carbonatée (temporaire) et de dureté non carbonatée (permanente).⁽⁴⁾ La dureté

carbonatée concerne la quantité de carbonates et de bicarbonates qui peut être éliminée ou précipitée par ébullition. Ce type de dureté est responsable de l'entartrage des canalisations d'eau chaude et des bouilloires. La dureté non carbonatée est due à l'association des cations responsables de la dureté avec les sulfates, les chlorures et les nitrates. On l'appelle également «dureté permanente», car elle ne peut être éliminée par ébullition.

L'alcalinité, indice du pouvoir tampon de l'eau, est étroitement liée à la dureté. L'alcalinité est produite en majeure partie par des anions ou des espèces moléculaires d'acides faibles, principalement l'hydroxyde, le bicarbonate et le carbonate; d'autres espèces, comme les borates, les phosphates, les silicates et les acides organiques, peuvent également y contribuer dans une certaine mesure. Bien que de nombreuses espèces de solutés puissent contribuer à l'alcalinité de l'eau, l'alcalinité est exprimée en quantité équivalente de carbonate de calcium. Comme l'alcalinité de la plupart des eaux de surface au Canada est due à la présence de carbonates et de bicarbonates, elle se rapproche de leur dureté.⁽⁵⁾

Causes et degrés de la dureté

Les principales sources naturelles de la dureté de l'eau sont les roches sédimentaires ainsi que l'infiltration dans le sol et le ruissellement. En général, les eaux dures proviennent de régions où la couche arable est épaisse et où les roches sont calcaires.⁽⁴⁾ L'eau souterraine est généralement plus dure que l'eau de surface. L'eau souterraine riche en acide carbonique et en oxygène dissous a ordinairement un grand pouvoir dissolvant; au contact de sols ou de roches contenant des quantités appréciables de minéraux comme la calcite, le gypse et la dolomite, l'eau peut acquérir une dureté de plusieurs milliers de milligrammes au litre.^(4,6)

Les industries de produits chimiques inorganiques et les industries minières représentent les deux principales sources industrielles de la dureté de l'eau.^(4,7) On a traité brièvement des sources industrielles de calcium et de magnésium dans les documents portant sur ces derniers éléments.

Au cours d'une étude nationale portant sur les eaux de surface au Canada, effectuée de 1975 à 1977, on a

relevé les valeurs moyennes suivantes : Colombie-Britannique, 7 à 180 mg/L; Territoires du Nord-Ouest, 5 à 179 mg/L; Alberta, 98 à 329 mg/L; Saskatchewan, 12 à 132 mg/L; Manitoba, 15 à 716 mg/L. Les degrés de dureté de l'eau dans les provinces maritimes n'ont pas été enregistrés.⁽⁸⁾ Les eaux de la partie supérieure des Grands Lacs avaient une dureté variant de 40 à 80 mg/L.⁽⁹⁾ La dureté des lacs et rivières de l'Ontario variait considérablement; on a enregistré des duretés variant de 2 à 1 803 mg/L, mais, dans la plupart des cours d'eau, la dureté variait de 40 à 200 mg/L.⁽¹⁰⁾ On a effectué une étude portant sur la qualité de l'eau au pays, en se basant sur 41 endroits représentatifs. Les valeurs moyennes enregistrées à chaque station dépassaient rarement 120 mg/L, sauf dans les bassins du Nelson-Saskatchewan et du Mississippi. L'eau de ces fleuves est considérée comme dure, puisque la plupart des valeurs enregistrées dépassaient 180 mg/L en CaCO₃. Dans les 41 stations, aucune concentration moyenne n'était supérieure à 500 mg/L.⁽³⁾

Un relevé des réseaux d'aqueduc du Canada révèle que la moitié de toutes les municipalités canadiennes ont une eau dont la dureté est inférieure à 80 mg/L et que 20 % ont une eau dont la dureté est supérieure à 180 mg/L.⁽¹¹⁾ Les concentrations n'étaient de beaucoup supérieures à 180 mg/L que dans les provinces des Prairies et en Ontario. En Ontario, la dureté de l'eau potable provenant de sources de surface variait entre 3,7 et 296 mg/L (dureté moyenne : 95 mg/L); la dureté des eaux souterraines était plus élevée, les concentrations variant entre 40 et 1 300 mg/L (dureté moyenne : 294 mg/L).^(12,13) Un relevé récent effectué dans 525 municipalités du Canada a révélé que 17 villes seulement avaient une eau dont la dureté était supérieure à 500 mg/L.⁽¹⁴⁾ Il s'agissait de villes de l'Ontario et de la Saskatchewan.

Répercussions sur la santé

Les principaux cations responsables de la dureté de l'eau, le calcium et le magnésium, ne constituent pas une menace directe pour la santé publique. Ces paramètres sont abordés plus en détail dans des documents distincts.

Un certain nombre d'études épidémiologiques effectuées au Canada,^(11,15,16) en Angleterre,⁽¹⁷⁻²⁴⁾ en Australie⁽²⁵⁾ et aux États-Unis⁽²⁶⁻³⁰⁾ indiquent qu'il existe une corrélation statistique inverse entre la dureté de l'eau potable et certains types de maladies cardiovasculaires. D'autres chercheurs^(1,31-35) prétendent qu'on ne peut pas établir là-dessus de corrélations importantes. On ne peut donc pas tirer de conclusions.

Plusieurs autres études ont été entreprises afin de déterminer s'il existe un rapport entre la dureté de l'eau potable et d'autres maladies, notamment le cancer.^(21,23,26,29,34) On a de nouveau établi des

corrélations inverses, mais l'importance de ces données est discutable.

Les approvisionnements en eau domestique sont souvent adoucis par l'addition de chaux et de bicarbonate de soude ou par l'utilisation de zéolites. En ajoutant de fortes concentrations de sodium,⁽²⁰⁾ on peut adoucir l'eau, surtout si on utilise un procédé faisant appel à des échanges d'ions. Bien qu'on n'ait pas établi de rapport direct entre le sodium et l'hypertension chez l'homme (voir le document relatif au sodium), il est préférable de ne pas ajouter inutilement de sodium à l'eau potable. Un groupe de travail de l'OMS qui effectue des recherches sur le sodium dans l'eau potable a recommandé récemment qu'on déconseille l'utilisation abusive du sodium dans les approvisionnement en eau.⁽³⁶⁾ On recommande donc, là où il y a nécessité d'adoucir l'eau par des échanges d'ions, d'assurer une distribution distincte d'eau non adoucie qui servira d'eau de boisson et que l'on utilisera pour les usages culinaires.

Autres considérations

L'eau douce peut corroder les canalisations;^(30,37) en conséquence, certains métaux lourds comme le cuivre, le zinc, le plomb et le cadmium peuvent se retrouver dans l'eau du réseau de distribution.⁽³⁸⁻⁴¹⁾ Ce phénomène est également fonction du pH, de l'alcalinité et de la concentration d'oxygène dissous (voir aussi le document concernant le pH). Dans certaines villes, la corrosion est tellement importante que l'eau doit être traitée.⁽⁴²⁾

Dans les régions où l'eau est dure, les canalisations domestiques peuvent être colmatées par l'entartrage;⁽⁴³⁾ les eaux dures entartrent également les ustensiles de cuisine et augmentent la consommation de savon. L'eau dure est donc à la fois un désagrément et un fardeau économique pour le consommateur. La dureté acceptable par le public varie selon les villes; elle est souvent liée au degré de dureté auquel le consommateur est habitué : dans de nombreuses villes, on tolère une dureté supérieure à 200 mg/L. On prétend qu'une dureté comprise entre 80 et 100 mg/L de CaCO₃ assure un équilibre acceptable entre la corrosion et l'entartrage.⁽⁴⁴⁾

Conclusion

1. L'eau dure entraîne l'entartrage des réseaux de distribution et une consommation excessive de savon; l'eau douce peut provoquer la corrosion des canalisations. La dureté acceptable par le public peut varier considérablement d'une ville à l'autre, selon les conditions locales. On ne peut donc pas fixer de concentration maximale acceptable quant à la dureté.

2. On considère généralement qu'une dureté comprise entre 80 et 100 mg/L (en CaCO₃) assure un équilibre acceptable entre la corrosion et l'entartrage. Une eau dont le degré de dureté est supérieur à

200 mg/L est considérée comme étant de qualité médiocre, mais elle est tolérée par les consommateurs. Les eaux dont la dureté est supérieure à 500 mg/L sont inacceptables pour la plupart des usages domestiques.

Recommandation

Lorsque l'adoucissement par échange d'ions est jugé nécessaire, on recommande d'assurer une alimentation distincte d'eau non adoucie pour l'eau de boisson et les usages culinaires.

Références bibliographiques

1. U.S. Environmental Protection Agency. Quality criteria for water. Office of Water and Hazardous Materials Rep. EPA-440/9-76-023, Washington, DC, juillet (1976).
2. Sekerka, I. et Lechner, J.F. Simultaneous determination of total non-carbonate and carbonate water hardness by direct potentiometry. *Talanta*, 22 : 459 (1975).
3. Environnement Canada. Qualité des eaux de surface au Canada — Un aperçu. Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures (1977).
4. Sawyer, C.N. et McCarty, P.L. Chemistry for sanitary engineers. 2^e édition. McGraw-Hill Series in Sanitary Science and Water Resources Engineering, McGraw-Hill, Toronto (1967).
5. Thomas, J.F.J. Industrial water resources of Canada. Water Survey Rep. No. 1. Scope, procedure, and interpretation of survey studies. Imprimeur de la Reine, Ottawa (1953).
6. De Fulvio, S. et Olori, L. Definitions and classification of naturally soft and naturally hard waters. Chemical and physical characteristics of the water in some member states of the European community. Dans : Hardness of drinking water and public health. Proceedings of the European Scientific Colloquium, Luxembourg, 1975. R. Amavis, W.J. Hunter et J.G.P.M. Smeets (dir. de publ.). Pergamon for the Commission of the European Communities, New York, NY. p. 95 (1976).
7. Biesecker, J.E. et George, J.R. Stream quality in Appalachia as related to coal-mine drainage, 1965. Dans : Water quality in a stressed environment: readings in environmental hydrology. W.A. Pettyjohn (dir. de publ.). Burgess Publishing Company, Minneapolis, MN (1972).
8. Banque nationale de données sur la qualité de l'eau (NAQUADAT), Direction générale des eaux intérieures, Direction de la qualité des eaux, Environnement Canada (1977).
9. Upper Lakes Reference Group. The waters of Lake Huron and Lake Superior. Vol. 1. Summary and recommendations. Report to the International Joint Commission (1977).
10. Ministère de l'Environnement de l'Ontario. Water quality data. Ontario lakes and streams 1974. Vol. IX. Water Resources Branch (1974).
11. Neri, L.C., Hewitt, D. et Mandel, J.S. Relation between mortality and water hardness in Canada. *Lancet*, i : 931 (1972).
12. Overment, W. (dir. de publ.). 1977/78 directory and environmental handbook. *Water Pollut. Control*, 115 : 10 (1977).
13. Ministère de l'Environnement de l'Ontario. Operating summary, water supply systems 1976. Municipal and Private Section, Pollution Control Branch (1976).
14. Johansen, H. Communication personnelle. Bureau de l'épidémiologie, Santé et Bien-Être Canada.
15. Anderson, T.W., Neri, L.C., Schreiber, G.B., Talbot, F.D.F. et Zdrojewski, A. Ischemic heart disease, water hardness and myocardial magnesium. *J. Can. Med. Assoc.*, 113 : 199 (1975).
16. Anderson, T.W., Riche, W.H. et MacKay, J.S. Sudden death and ischemic heart disease. *New Engl. J. Med.*, 280(15) : 805 (1969).
17. Crawford, T. et Crawford, M.D. Prevalence and pathological changes of ischaemic heart-disease in a hard-water and in a soft-water area. *Lancet*, i : 7484 (1967).
18. Shaper, A.G., Clayton, D.G. et Morris, J.N. The hardness of water supplies and cardiovascular disease. Proceedings of the International Water Supply Association, Brighton, U.K. (1974). Cité à la référence 30.
19. Shaper, A.G. Water hardness and cardiovascular disease. Water Research Centre, Medmenham, U.K. (1975). Cité à la référence 30.
20. Crawford, M.D. Hardness of drinking water and cardiovascular disease. *Proc. Nutr. Soc.*, 31(3) : 346 (1972).
21. McCabe, L.J. The correlation of drinking water quality and vascular disease. Communication présentée à la Conference on Cardiovascular Disease Epidemiology, Chicago, IL, février (1963). Cité à la référence 39.
22. Crawford, M., Clayton, D.G., Stanley, F. et Shaper, A.G. An epidemiological study of sudden death in hard and soft water areas. *J. Chronic Dis.*, 30 : 69 (1977).
23. Crawford, M., Gardner, M.J. et Morris, J.N. Mortality and hardness of local water supplies. *Lancet*, i : 827 (1968).
24. Stitt, F.W., Crawford, M.D., Clayton, D.G. et Morris, J.N. Clinical and biochemical indicators among men living in hard and soft water areas. *Lancet*, i : 122 (1973).
25. Lyster, W.R. The records of Brisbane water supply and seasonality in local deaths. *Int. J. Environ. Stud.*, 3 : 329 (1972).
26. Schroeder, H.A. Relation between mortality from cardiovascular disease and treated water supplies. Variation in states and 163 largest municipalities. *J. Am. Med. Assoc.*, 172 : 1902 (1960).
27. Schroeder, H.A. Municipal drinking water and cardiovascular death rates. *J. Am. Med. Assoc.*, 195 : 125 (1966).
28. Voors, A.W. Minerals in municipal water and atherosclerotic heart death. *Am. J. Epidemiol.*, 93 : 259 (1970).
29. Sauer, H.I. Relationship between trace element content of the drinking water and chronic diseases, observed effects of trace elements in drinking water on human health. Communication présentée à la 16th Water Quality Conference, University of Illinois, Urbana, IL (1974). Cité à la référence 39.
30. Hudson, H.E., Jr., et Gilcreas, F.W. Health and economic aspects of water hardness and corrosiveness. *J. Am. Water Works Assoc.*, 68 : 201 (1976).
31. Allwright, S.P.A., Coulson, A. et Detels, R. Mortality and water hardness in three matched communities in Los Angeles. *Lancet*, ii : 860 (1974).
32. Comstock, G.W. Fatal arteriosclerotic heart disease, water hardness at home, and socioeconomic characteristics. *Am. J. Epidemiol.*, 94 : 1 (1971).
33. Tuthill, R.W. Explaining variations in cardiovascular disease mortality within a soft water area. Office of Water Research and Technology, Division of Public Health, U.S. Department of Commerce, U7710 PB-263 482/2S1 (1976).

34. Stocks, P. Mortality from cancer and cardiovascular disease in the country boroughs of England and Wales classified according to sources and hardness of their water supplies, 1958–1967. *J. Hyg.*, 71 : 237 (1973).
35. Meyers, D. Mortality and water hardness. *Lancet*, i : 398 (1975).
36. Organisation mondiale de la Santé. Eaux de boisson : teneur en sodium, teneur en chlorures et conductivité. Rapport sur la réunion d'un groupe de travail de l'OMS. La Haye, 1^{er} – 5 mai, 1978.
37. Larson, T.E. Deterioration of water quality in distribution systems. *J. Am. Water Works Assoc.*, 58 : 1307 (1966).
38. Neri, L.C. Some data from Canada. Dans : Hardness of drinking water and public health. Proceedings of the European Scientific Colloquium, Luxembourg, 1975. R. Amavis, W.J. Hunter et J.G.P.M. Smeets (dir. de publ.). Pergamon for the Commission of the European Communities, New York, NY. p. 343 (1976).
39. Sharrett, A.R. et Feinleib, M. Water constituents and trace elements in relation to cardiovascular diseases. *Prev. Med.*, 4 : 20 (1975).
40. Craun, G.F. et McCabe, L.J. Problems associated with metals in drinking water. *J. Am. Water Works Assoc.*, 67 : 593 (1975).
41. Neri, L.C. et Hewitt, D. Review and implications of ongoing and projected research outside the European communities. Dans : Hardness of drinking water and public health. Proceedings of the European Scientific Colloquium, Luxembourg, 1975. R. Amavis, W.J. Hunter et J.G.P.M. Smeets (dir. de publ.). Pergamon for the Commission of the European Communities, New York, NY. p. 443 (1976).
42. Mullen, E.D. et Ritter, J.A. Potable-water corrosion control. *J. Am. Water Works Assoc.*, 66 : 473 (1974).
43. Coleman, R.L. Potential public health aspects of trace elements and drinking water quality. *Ann. Okla. Acad. Sci.*, 5 : 57 (1976).
44. Bean, E.L. Quality goals for potable water. *J. Am. Water Works Assoc.*, 60 : 1317 (1968).