
Le chlorure

On a fixé à ≤ 250 mg/L l'objectif esthétique pour la concentration de chlorure dans l'eau potable. À des concentrations supérieures, le chlorure donne un mauvais goût à l'eau et aux boissons préparées à partir de l'eau et risque par ailleurs de provoquer la corrosion du réseau de distribution.

Généralités

Les chlorures sont largement répandus dans la nature, généralement sous forme de sels de sodium (NaCl) et de potassium (KCl); ils représentent environ 0,05 % de la lithosphère.⁽¹⁾ Ce sont les océans qui contiennent de loin la plus grande quantité de chlorures dans l'environnement.

Des gisements souterrains de sel ont été découverts dans toutes les provinces canadiennes, sauf en Colombie-Britannique. On trouve des gisements en couches dans le Sud-Ouest de l'Ontario, en Saskatchewan et en Alberta, et des gisements en dôme en Nouvelle-Écosse, au Nouveau-Brunswick, en Ontario, au Manitoba, en Saskatchewan et en Alberta.⁽²⁾

Le chlorure de sodium est largement employé dans la production de produits chimiques industriels comme la soude caustique (hydroxyde de sodium), le chlore, le carbonate de sodium, le chlorite de sodium, le bicarbonate de sodium et l'hypochlorite de sodium. En 1984, on a estimé que 4 078 000 t de chlorure de sodium étaient utilisées par l'industrie chimique.⁽²⁾ Le chlorure de sodium et, dans une moindre mesure, le chlorure de calcium (CaCl₂) sont employés pour faire fondre la neige et la glace au Canada; 45 % de tout le sel utilisé au Canada sert à cette fin, comparativement à 25 % aux États-Unis et 14 % en Europe de l'Ouest.⁽²⁾ En 1984, on a estimé à 3 560 800 t le chlorure de sodium épandu sur les routes canadiennes⁽²⁾. Le chlorure de potassium est utilisé dans la production des engrais.^(1,2)

Présence dans l'environnement

La présence des chlorures dans les sources d'eau potable peut être attribuée à la dissolution des dépôts de sel,⁽³⁾ à l'épandage de sel sur les routes pour faire fondre la glace et la neige,⁽⁴⁻⁸⁾ aux effluents des usines de produits chimiques,⁽⁹⁾ à l'exploitation des puits de pétrole,⁽¹⁰⁾ aux eaux d'égouts,⁽¹¹⁾ à l'écoulement des

eaux d'irrigation,⁽¹²⁾ aux eaux de lixiviation des déchets,⁽¹³⁾ aux émanations volcaniques, aux embruns marins et à l'intrusion de l'eau de mer dans les zones côtières.⁽¹⁾ Chacune de ces sources peut entraîner une contamination locale des eaux de surface et des eaux souterraines. L'ion chlorure est très mobile et finit par être transporté dans des bassins fermés ou vers les océans.⁽¹⁾

Le chlorure est généralement présent en faible concentration dans les eaux de surface naturelles du Canada; les concentrations sont normalement inférieures à 10 mg/L et elles sont souvent inférieures à 1 mg/L.^(12,14) La concentration moyenne de chlorure mesurée dans 109 lacs de la région des «lacs expérimentaux», dans le Nord-Ouest de l'Ontario, était de 0,8 mg/L en 1973; une concentration de chlorure de 0,9 mg/L a été mesurée dans un petit lac acide situé près de Sudbury, en Ontario, la même année.⁽¹⁵⁾ Les Grands Lacs et les eaux des basses terres du Saint-Laurent présentent une teneur en chlorure légèrement plus élevée (20 mg/L), largement en raison des activités industrielles de cette région.⁽¹⁾ De 1980 à 1984, la concentration de chlorure dissous dans les eaux canadiennes se situait généralement entre <0,1 et 861 mg/L,⁽¹⁴⁾ mais des concentrations allant jusqu'à 24 500 mg/L ont été enregistrées dans le ruisseau Bench Mark, en Alberta.⁽¹⁶⁾

Des données relatives à l'eau potable de plusieurs provinces canadiennes indiquent que les concentrations de chlorure sont généralement faibles et souvent inférieures à 10 mg/L.^(14,17) Sur 127 stations de Saskatchewan où le chlorure a été dosé en 1975, une seule signalait une concentration de chlorure supérieure à 50 mg/L; aucune ne signalait de concentration supérieure à 250 mg/L.⁽¹⁸⁾ Les mêmes résultats ont été obtenus pour 56 stations en Nouvelle-Écosse, où la concentration de chlorure dans l'eau potable a été enregistrée en 1975.⁽¹⁹⁾ En Alberta, 51 stations sur 492 ont enregistré des concentrations de chlorure supérieures à 50 mg/L en 1976; 15 stations ont enregistré des concentrations supérieures à 250 mg/L.⁽²⁰⁾ Au cours de l'analyse, en 1987, de 60 échantillons d'eau traitée provenant de l'usine de traitement des eaux de l'île Lemieux, à Ottawa, en Ontario, on a déterminé que la concentration moyenne de chlorure était de 5,5 mg/L

(intervalle de 4,0 à 9,5 mg/L).⁽²¹⁾ La concentration moyenne de chlorure dans les sources publiques d'approvisionnement en eau aux États-Unis est d'environ 11,5 mg/L;⁽¹²⁾ dans les sources européennes d'approvisionnement en eau, elle est de 52 mg/L.⁽²²⁾ On trouve le plus souvent des concentrations plus élevées de chlorure dans l'eau potable provenant de sources souterraines; cette présence accrue pourrait être due à des concentrations naturellement élevées ou à une contamination. On estime que 25 à 50 % du sel épandu sur les routes pénètre dans les eaux souterraines.⁽²³⁾

On dispose de données limitées sur la concentration de chlorure dans l'air au Canada. Une étude réalisée à Edmonton au cours de trois périodes d'un mois a permis de constater que les moyennes géométriques et les intervalles (entre parenthèses) des concentrations de chlorure dans l'air étaient les suivantes : novembre 1978, 1,97 µg/m³ (0,3 à 9,0 µg/m³); mars/avril 1979, 0,82 µg/m³ (0,1 à 3,4 µg/m³); et juillet/août 1979, 0,64 µg/m³ (0,1 à 2,8 µg/m³). Pour toute la période d'observation, la concentration moyenne de chlorure était de 1,2 µg/m³.⁽²⁴⁾ On estime que la concentration de chlorure dans l'air au-dessus du lac Michigan était de 0,5 µg/m³.⁽²⁵⁾

La teneur en chlorure des aliments varie beaucoup; les plantes comestibles présentent généralement une concentration inférieure à 0,5 mg/g, alors que la viande et le poisson présentent des concentrations allant jusqu'à 1,0 et 1,5 mg/g, respectivement.⁽²⁶⁾

Exposition des Canadiens

L'estimation de l'apport quotidien de chlorure par l'intermédiaire des aliments se complique en raison de l'utilisation répandue du sel comme condiment. Un régime sans sel fournit environ 600 mg de chlorure par jour.^(27,28) Toutefois, en raison de l'addition de sel aux aliments, l'apport quotidien de chlorure est en moyenne de 6 g, mais il peut aller jusqu'à 12 g.⁽²⁹⁾

En supposant que la consommation quotidienne d'eau est de 1,5 L et que la concentration moyenne de chlorure dans l'eau potable canadienne est de 10 mg/L, l'apport quotidien moyen de chlorure à partir de l'eau potable devrait être d'environ 15 mg par personne. L'apport à partir de l'eau ne représente donc que 0,25 % environ de l'apport quotidien provenant des aliments.

Si on suppose que la concentration moyenne de chlorure dans l'air au Canada est de 1,2 µg/m³ et que le volume d'air respiré quotidiennement est de 20 m³, alors l'apport quotidien de chlorure à partir de l'air serait de 0,024 mg.

D'après les considérations susmentionnées, l'apport quotidien total de chlorure est d'environ 6 g et il provient presque entièrement des aliments. On peut s'attendre à des écarts importants par rapport à cette valeur en raison des variations individuelles de la

quantité de sel ajoutée aux aliments pendant la cuisson et à table.

Méthodes d'analyse et techniques de traitement

On peut faire appel à plusieurs techniques d'analyse pour doser les chlorures dans l'eau, notamment les titrages (p. ex. titrage potentiométrique, titrage avec nitrate d'argent), la colorimétrie (p. ex. avec thiocyanate), l'électrode spécifique de l'ion chlorure et la chromatographie ionique.⁽³⁰⁾ Le seuil de détection varie de 50 µg/L dans le cas de la colorimétrie à 5 mg/L pour la titrimétrie.

Comme le chlorure est très soluble dans l'eau, il est difficile à éliminer et les méthodes classiques de traitement de l'eau sont généralement inefficaces.⁽³¹⁾ On signale un taux d'élimination de 87 % dans le cas d'un dispositif de traitement au point d'utilisation basé sur l'adsorption sur charbon actif granulaire et l'osmose inversée.⁽³²⁾ Les concentrations de chlorure dans l'eau peuvent augmenter pendant le traitement si on utilise du chlore pour la désinfection ou si l'on emploie des chlorures d'aluminium ou de fer pour la floculation.⁽¹⁷⁾

Effets sur la santé

Besoins essentiels

Le chlorure est un élément essentiel et le principal anion extracellulaire du corps. Il s'agit d'un ion très mobile, qui traverse facilement les membranes cellulaires et qui assure une pression osmotique, un bilan hydrique et un équilibre acide-base appropriés.

Il y a peu de temps, on supposait encore que le rôle physiologique de l'ion chlorure était simplement celui d'un contre-ion passif. Au cours des dernières années, certaines études donnent toutefois à penser que l'ion chlorure joue peut-être un rôle plus actif et indépendant dans la fonction rénale,^(33,34) dans la neurophysiologie⁽³⁵⁾ et dans l'alimentation.⁽³⁶⁾

Absorption, distribution et excrétion

On considère que l'absorption du chlorure à partir de la nourriture est pratiquement complète. Des études effectuées chez de jeunes hommes ont montré que 92 % du chlorure ingéré était excrété dans l'urine.⁽³⁷⁾

La quantité de chlorure dans le contenu de l'intestin diminue au fur et à mesure que ce contenu se déplace dans les voies gastro-intestinales. Normalement, 540 mg de chlorure entrent dans le duodénum chaque jour.⁽³⁸⁾ Le chlorure est absorbé dans le jéjunum par «entraînement par solvant» et dans l'iléon et le côlon par transport actif couplé à la sécrétion de bicarbonate.^(38,39) Ces deux processus sont liés à des mécanismes de co-transport à base de sodium qui créent les gradients osmotiques et électrochimiques nécessaires.

On a estimé que le corps humain renferme 0,15 % de chlorure⁽⁴⁰⁾ ou 105 g/70 kg p.c. La plus grande partie de ce chlorure est extracellulaire, comme l'indiquent les concentrations sériques de 98 à 106 milliéquivalents par litre (mEq/L), comparativement à environ 1 mEq/L dans le cas des cellules tissulaires.⁽⁴¹⁾ Les sécrétions de l'estomac présentent une teneur élevée en chlorure, les concentrations variant de 45 à 155 mEq/L dans les résidus gastriques. On considère que tout le chlorure du corps appartient à une réserve échangeable.⁽⁴²⁾

Les concentrations corporelles de chlorure sont régulées par les excréctions, principalement par l'intermédiaire des reins. Le chlorure et le sodium sont tous deux régulés par l'aldostérone.⁽⁴³⁾ Dans le cas des adultes, l'excrétion urinaire est d'environ 4,4 g/jour, avec un intervalle de 2,2 à 13 g/jour; la quantité excrétée est étroitement liée à la quantité de sel présente dans l'alimentation. La perte de chlorure par l'intermédiaire des fèces est faible, 14 à 110 mg étant excrétés quotidiennement par cette voie. D'autres pertes importantes de chlorure se produisent quotidiennement par l'intermédiaire de la transpiration.⁽³⁷⁾

Effets nocifs

On a avancé que le chlorure jouait un rôle dans l'hypertension sensible au sodium.^(44,45) Selon certaines indications, il semblerait que le sodium et le chlorure à la fois sont nécessaires pour exercer un effet hypertenseur.⁽⁴²⁾ En soi, le chlorure ne semble pas causer d'hypertension chez les rats⁽⁴⁶⁾; chez des humains souffrant d'hypertension, on a pourtant noté que le chlorure était traité différemment par les globules rouges.⁽⁴⁷⁾ Le rôle du sodium dans l'hypertension est à l'étude (voir le document portant sur le sodium); cependant, rien n'indique que des concentrations élevées de chlorure seraient plus toxiques que des concentrations élevées de sodium.

Autres considérations

Le seuil de perception gustative pour le chlorure dépend du cation auquel il est associé et se situe généralement entre 200 et 300 mg/L.⁽³¹⁾ Les concentrations de chlorure décelées au goût par des groupes d'au moins 18 personnes étaient de 210, 310 et 222 mg/L respectivement dans le cas des sels de sodium, de potassium et de calcium.⁽⁴⁸⁾ Le goût du café était altéré lorsqu'il était préparé avec de l'eau présentant une concentration de chlorure de sodium, de potassium ou de calcium de 400, 450 et 530 mg/L, respectivement.⁽⁴⁸⁾

Des concentrations de chlorure supérieures à 250 mg/L dans l'eau potable peuvent provoquer la corrosion du système de distribution.⁽²³⁾ La capacité que possède l'ion chlorure de former des sels solubles avec de nombreux ions métalliques empêche la formation de

pellicules pouvant limiter la corrosion des surfaces métalliques.⁽¹⁷⁾

Justification

1. Les concentrations de chlorure dans le corps sont bien régulées au moyen d'un système complexe faisant intervenir à la fois le système nerveux et le système hormonal. Même après l'absorption de quantités importantes de chlorure par l'intermédiaire des aliments et de l'eau, l'équilibre du chlorure se maintient, surtout par l'excrétion de l'excès de chlorure dans l'urine. C'est pourquoi on n'a pas déterminé de concentration maximale acceptable pour les chlorures dans l'eau potable.

2. Le seuil de perception gustative pour le chlorure de sodium, le chlorure de potassium et le chlorure de calcium dans l'eau potable est respectivement de 210, 310 et 222 mg/L; le goût du café est altéré lorsque l'eau avec laquelle il est préparé présente des concentrations de chlorure de 400, 450 et 530 mg/L à partir des mêmes sels. Les concentrations de chlorure supérieures à 250 mg/L dans l'eau potable peuvent provoquer la corrosion du système de distribution.

3. L'objectif de qualité esthétique ou organoleptique pour le chlorure dans l'eau potable est donc une concentration ≤ 250 mg/L. Les concentrations de chlorure dans les sources canadiennes d'approvisionnement en eau potable sont généralement de beaucoup inférieures à 250 mg/L.

Références bibliographiques

1. Conseil national de recherche du Canada. Les effets des halogénures alcalins dans l'environnement canadien. CNRC n° 15019, Comité associé des critères scientifiques concernant l'état de l'environnement, Ottawa (1977).
2. Prud'Homme, M. Sel. Dans : L'annuaire des minéraux du Canada 1985 — revue et perspectives, rapport sur les minéraux n° 34. Direction des ressources minières, ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources, Ottawa (1986).
3. National Academy of Sciences. Nutrient and toxic substances in water for livestock and poultry. National Academy Press, Washington, DC (1974).
4. Murray, D.M. et Ennst, V.F.W. An economic analysis of the environmental impact of highway de-icing salts. National Technical Information Service Publication 253, U.S. Department of Commerce, Springfield, VA. p. 268 (1976).
5. Pollock, J.J. et Toler, L.G. Effects of highway de-icing salts on groundwater and water supplies in Massachusetts. U.S. Geological Survey, Boston, MA (1972).
6. Terry, R.C. Road salt, drinking water and safety. Ballinger, Cambridge, MA (1974).
7. Hutchinson, F.E. Effects of highway salting on the concentration of sodium chloride in private water supplies. Res. Life Sci., automne : 15 (1969).
8. Ralston, J.G. De-icing salts as a source of water pollution. Ministère de l'Environnement de l'Ontario, Toronto (1971).

9. Little, A.D. Inorganic chemical pollution of freshwater. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC (1971).
10. Pettyjohn, W.A. Water pollution by oil-field brines and related industrial wastes in Ohio. *Ohio J. Sci.*, 71 : 257 (1971).
11. Pettyjohn, W.A. Water quality in a stressed environment. Burgess Publishing Co., MN (1972).
12. Bond, R.G. et Straub, C.P. Handbook of environmental control. Vol. 3. Chemical Rubber Co., Cleveland, OH (1973).
13. Schneider, W.J. Hydrologic implications of solid-waste disposal. *U.S. Geol. Surv. Circ.*, 601-F : F1 (1970).
14. Banque nationale de données sur la qualité des eaux (NAQUADAT). Direction de la qualité des eaux, Direction générale des eaux intérieures, Environnement Canada, Ottawa (1985).
15. Beamish, R.J. et Van Loon, J.C. Precipitation loading of acid and heavy metals to a small acid lake near Sudbury, Ontario. *J. Fish. Res. Board Can.*, 34 : 649 (1977).
16. Environnement Canada. Données détaillées sur la qualité des eaux superficielles, Territoires du Nord-Ouest 1980–1981, Alberta 1980–1981, Saskatchewan 1980–1981, Manitoba 1980–1981. Direction générale des eaux intérieures (1984).
17. Organisation mondiale de la santé. Sodium, chlorures et conductivité dans l'eau potable. Rapport d'un groupe de travail de l'OMS. EURO rapports et études 2, bureau régional pour l'Europe, Copenhague (1979).
18. Saskatchewan Department of the Environment. Communication personnelle.
19. Nova Scotia Department of Public Health. Communication personnelle.
20. Alberta Environment. Summary of water chemical analysis. Environmental Protection Services (1976).
21. Ministère de l'Environnement de l'Ontario. Ottawa (Lemieux Island) water treatment plant. Drinking Water Surveillance Program. Annual report 1987, Queen's Printer for Ontario (1988).
22. Zoeteman, B.C.J. et Brinckman, F.J.J. Human intake of minerals from drinking water in the European Communities. Dans : Hardness of drinking water and public health. Proceedings of the European Scientific Colloquium, Luxembourg, 1975. Pergamon Press, Oxford, p. 175 (1976).
23. McConnell, H.H. et Lewis, J. Add salt to taste. *Environment*, 14 : 38 (1972).
24. Klemm, R.F. et Gray, J.M.L. A study of the chemical composition of particulate matter and aerosols over Edmonton. Report No. RMD 82/9. Préparé pour le compte de la Research Management Division par l'Alberta Research Council (1982).
25. Klein, D.H. Fluxes, residence times and sources of some elements to Lake Michigan. *Water Air Soil Pollut.*, 4 : 3 (1975).
26. Diem, K. (dir. de publ.). Documenta Geigy, tables scientifiques, 5^e édition. J.R. Geigy, Bâle, Suisse, p. 501 (1962).
27. Dahl, L.K. Salt and hypertension. *Am. J. Clin. Nutr.*, 25 : 231 (1972).
28. Meneely, G.R. A review of sources of and the toxic effects of excess sodium chloride and the protective effect of extra potassium in the diet. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 23 : 3 (1973).
29. Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social. Normes alimentaires pour le Canada. Direction générale de la protection de la santé, Ottawa (1975).
30. Department of the Environment of the United Kingdom. Methods for the examination of waters and associated materials: chloride in waters, sewage and effluents 1981. Her Majesty's Stationery Office, Londres (1981).
31. Organisation mondiale de la santé. Directives de qualité pour l'eau de boisson. Vol. 2. Critères de santé et autre information justificative. Genève (1984).
32. Regumathan, P., Beauman, W.H. et Kreusch, E.G. Efficiency of point of use treatment devices. *J. Am. Water Works Assoc.*, 75(1) : 42 (1983).
33. Jaina, A., Kapuler, S., Govendo, S., Serban, I. et Eliahou, H.E. Blood pressure and renin activity in Na⁺, Cl⁻, or NaCl loading in rats. *Miner. Electrolyte Metab.*, 3 : 276 (1980).
34. Toto, R.D., Hulter, H.N., Mackie, S. et Sebastian, A. Renal tubular acidosis induced by dietary chloride. *Kidney Int.*, 25 : 26 (1984).
35. Sackmann, B. et Neher, E. Patch clamp techniques for studying ionic channels in excitable membranes. *Annu. Rev. Physiol.*, 46 : 455 (1984).
36. Honeyfield, D.C. et Froseth, J.A. Effects of dietary sodium and chloride on growth, efficiency of feed utilization, plasma electrolytes and plasma basic amino acids in young pigs. *J. Nutr.*, 115 : 1366 (1985).
37. Commission internationale sur la radio-protection. Report of the Task Group on Reference Man. ICRP Publication No. 23. Pergamon Press, Oxford. p. 379 (1975).
38. Weinberg, J.M. Fluid and electrolyte disorders and gastrointestinal diseases. Dans : Fluids and electrolytes, J.P. Kokko et R.L. Tanner (dir. de publ.). W.B. Saunders Co., Toronto (1986).
39. Schultz, S.G. A cellular model for active sodium absorption by mammalian colon. *Annu. Rev. Physiol.*, 46 : 435 (1984).
40. National Academy of Sciences. Recommended dietary allowances, 9^e édition. Washington, DC (1980).
41. Siggaard-Anderson, O. Blood gases and electrolytes. Dans : Fundamentals of clinical chemistry, N.W. Tietz (dir. de publ.). W.B. Saunders Co., Philadelphie, PA (1976).
42. Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social. Apport recommandé d'éléments nutritifs pour les Canadiens, Ottawa (1983).
43. Tortora, G.J. et Anagnostakos, N.P. Principles of anatomy and physiology, 4^e édition. Harper & Row, New York, NY (1984).
44. Kurtz, T.W. et Morris, R.C., Jr. Dietary chloride as a determinant of "sodium-dependent" hypertension. *Science*, 222 : 1139 (1983).
45. Whitescarves, S.A., Ott, C.E. et Jackson, B.A. Salt-sensitive hypertension: contribution of chloride. *Science*, 223 : 1430 (1984).
46. Whiting, S.J. et Cole, D.E.C. Effects of dietary anion composition on acid-induced hypercalciuria in the adult rat. *J. Nutr.*, 116 : 388 (1986).
47. Zidek, W., Losse, H., Lange-Asschenfeldt, H. et Vetter, H. Intracellular chloride in essential hypertension. *Clin. Sci.*, 68 : 45 (1985).
48. Lockhart, E.E., Tucker, C.L. et Merritt, M.C. The effect of water impurities on the flavor of brewed coffee. *Food Res.*, 20 : 598 (1955).