



Recommandations canadiennes pour la qualité des sols : Environnement et santé humaine

Zinc
2018

Le zinc (Zn, CAS 7440-66-6) est un métal de transition, de numéro atomique 30 et de masse atomique 65,38. Il est bivalent et a tendance à réagir fortement avec les composés organiques et inorganiques. Il forme des combinaisons stables avec plusieurs substances organiques, dont les acides humiques et fulviques, et un grand éventail de composés biochimiques. Le zinc métallique en soi est insoluble, alors que la solubilité des différents composés du zinc varie d'insoluble à extrêmement soluble.

Les émissions anthropiques de zinc dans l'environnement proviennent de sources comme la galvanoplastie, la fusion et la transformation de minerai, le drainage minier, les eaux d'égouts domestiques et industriels, la combustion des déchets solides et des combustibles fossiles, le ruissellement de surface des routes, la corrosion des surfaces en alliage de zinc et galvanisées, la production animale intensive, l'érosion des sols agricoles et les débris de pneus. Un total de 1 085 tonnes de zinc et de composés de zinc ont été rejetées dans l'environnement par d'importantes sources industrielles en 2013, dont 476 tonnes dans l'air, 255 tonnes dans l'eau et 354 tonnes dans le sol (Environnement et Changement climatique Canada, 2015). Les installations métallurgiques sont les principales émettrices. Comme ces chiffres ne comprennent que les données concernant de grandes installations, ils pourraient ne pas être représentatifs de toutes les émissions. Les améliorations des procédés de fabrication entraînent une réduction des émissions anthropiques de zinc.

À l'échelle mondiale, les sources anthropiques et non humaines libèrent des quantités à peu près égales de zinc dans l'environnement. Au Canada, les quantités de zinc libérées chaque année dans l'atmosphère par des processus naturels sont estimées à 4 600 tonnes. Les poussières aéroportées représentent la plus importante source naturelle de zinc dans l'atmosphère, bien que les embruns marins puissent aussi être une source importante, notamment dans les régions côtières. Les incendies de forêt peuvent également être une source naturelle d'émissions de zinc. L'érosion est la source naturelle de zinc la plus importante dans les eaux de surface.

Comme le Canada est un pays diversifié du point de vue géologique, les concentrations de fond moyennes dans le sol et leurs plages varient selon les régions. La concentration de fond moyenne canadienne de 48,1 mg/kg a permis d'établir la recommandation pour la qualité des sols visant la protection de la santé humaine (Grunsky, 2010a; Rencz *et al*, 2006). Le tableau 2 résume d'autres données canadiennes d'échantillonnage (des données additionnelles se trouvent dans CCME, 2018).

Tableau 1. Recommandations pour la qualité des sols concernant le zinc (mg/kg)

Recommandation	Vocation du terrain			
	Agricole	Résidentielle/parc	Commerciale	Industrielle
	250a	250a	410a	410a
Recommandation pour la qualité des sols visant la protection de la santé humaine	10 000	10 000	16 000	140 000
Voie limitante	Contact direct	Contact direct	Contact direct	Migration hors-site
Recommandation pour la qualité des sols visant la protection de l'environnement	250	250	410	410
Voie limitante	Contact avec le sol	Contact avec le sol	Vérification portant sur les cycles des nutriments et de l'énergie	Vérification portant sur les cycles des nutriments et de l'énergie

^a Les données sont suffisantes et adéquates pour permettre le calcul des recommandations visant la protection de la santé humaine et de l'environnement. La recommandation pour la qualité des sols correspond donc à la plus faible de ces deux valeurs, et remplace celle de 1999 et les critères provisoires d'assainissement du sol de 1991.

En raison de la complexité des interactions du zinc dans le sol, le comportement du zinc en matière de mobilité ne peut être prédit avec précision, et les effets de son adsorption par le sol ne peuvent être isolés de phénomènes comme la précipitation (Organisation mondiale de la santé, 2001). Le zinc est hautement réactif dans les sols. Sa mobilité est influencée par plusieurs facteurs tels que le pH du sol, la présence de minéraux argileux, la teneur en matière organique du sol, les précipitations et les infiltrations ainsi que le drainage du sol. Le pH demeure tout de même le principal facteur. Le zinc peut précipiter sous forme d'hydroxyde à des pH supérieurs à 8,0. Il peut également former des complexes organiques stables pouvant influencer sa mobilité ou sa solubilité. Dans des conditions anaérobies, il peut former des précipités immobiles comme le sulfure de zinc. Le zinc devient plus soluble au fur et à mesure que le pH diminue, ce qui explique sa lixiviation plus fréquente dans les sols acides.

La biodisponibilité du zinc varie en fonction des propriétés physico-chimiques de l'espèce de zinc et du milieu environnant, et elle est déterminée par la quantité de zinc soluble présente. Elle peut aussi diminuer avec le temps, à mesure que le zinc est adsorbé dans le sol et forme des complexes avec les matériaux environnants.

Dans un sol donné, un équilibre existe entre les différentes formes de zinc (adsorbé, échangeable, minéraux secondaires et complexes insolubles) dans les phases liquides et solides du sol. L'absorption par les plantes, les pertes par lixiviation, l'apport de zinc sous différentes formes, les variations de la teneur en humidité du sol, les variations de pH, la minéralisation de la matière

organique et les variations du potentiel d'oxydo-réduction du sol peuvent influencer cet équilibre.

Tableau 2. Concentrations de fond de zinc dans le sol dans l'environnement canadien (mg/kg)

Valeur ou plage	Lieu d'échantillonnage	Profondeur	Référence
48,1 (moyenne)	Terre-Neuve-et-Labrador, Nouveau-Brunswick, Québec, Nunavut, Territoires du Nord-Ouest, Manitoba, Saskatchewan, Alberta et Colombie-Britannique	Till	Grunsky, 2010a; Rencz <i>et al.</i> , 2006
51,5 (moyenne)	Nouveau-Brunswick, Nouvelle-Écosse et Île-du-Prince-Édouard	0 – 5 cm	Grunsky, 2010b
41,25 (médiane)			
56,3 (moyenne)			
47,2 (médiane)		Horizon A	
160 (rurale) 180 (urbaine)	Ontario, vieux parcs urbains et ruraux non contaminés par des sources locales ponctuelles de pollution (plage ontarienne type)	0 – 5 cm	Ministère de l'Environnement de l'Ontario, 2011
34 – 57 120	Régions minières et métallurgiques (sol non contaminé); Sudbury (Ontario) Rouyn-Noranda (Québec)	0 – 10 cm	Feisthauer et coll., 2006
100 184	Sol organique non contaminé; Sudbury (Ontario) Rouyn-Noranda (Québec)	Horizon FH	Johnson et Hale, 2004
55	Nord-ouest de l'Alberta, sols agricoles (station de recherche de Beaverlodge)	Horizons de surface	Soon, 1994
94 81	Nord-ouest de l'Alberta, sols agricoles	0 – 20 cm 20 – 35 cm	Soon et Abboud, 1990
74 – 107	Saskatchewan, zones agricoles	0 – 18 cm	Lipoth et Schoenau, 2007
15,5 – 137	Colombie-Britannique (parc provincial du Mont Robson)	0 – 25 cm	Arocena <i>et al.</i> , 2006
94,1	Colombie-Britannique (Trail)	0 – 15 cm	Sanei <i>et al.</i> , 2007

Comportement et effets chez le biote

Le zinc est un élément essentiel pour les plantes et les animaux. Toutefois, il peut être nocif en quantité importante. La faune et les animaux d'élevage sont sensibles aux concentrations élevées de zinc dans leur alimentation. Les symptômes cliniques d'intoxication au zinc comprennent la perte d'appétit, la réduction de la consommation d'eau et la déshydratation, l'augmentation de la

consommation de minéraux, la dégradation de la condition physique (diminution du gain de poids ou perte de poids), la faiblesse, la jaunisse et la diarrhée. Le tableau 3 résume les effets de l'intoxication au zinc chez d'autres biotes (des données additionnelles se trouvent dans CCME, 2018).

Tableau 3. Effets du zinc chez des biotes non humains

Taxon	Valeur avec effet (mg/kg dans les sols)	Effets	Référence
Bactéries	10	Réduction de 21 % de la respiration libérant du dioxyde de carbone	Cornfield, 1977
Bactéries	327	Inhibition de la nitrification de 24 %	Liang et Tabatabai, 1978
Bactéries	2 377 (médiane de 8 sols)	Réduction de 50 % de la respiration	Broos <i>et al.</i> , 2007
Navet	25 (pH 6,3)	Diminution de 50 % de la production de graines	Sheppard <i>et al.</i> , 1993
Orge	240 à 7 300 (9 sols)	Réduction de 50 % de la croissance	Hamels <i>et al.</i> , 2014
<i>Lumbricus terrestris</i> (ver de terre)	80	Mort; valeur donnée sous forme de CL ₅₀	Sheppard <i>et al.</i> , 1993
<i>Eisenia fetida</i> (ver de terre)	500	Réduction de 12 à 20 % de la reproduction	Owojori <i>et al.</i> , 2009
Mouton Cheviot	750 (mg/kg dans l'alimentation)	Diminution de 64 % du nombre de nouveau-nés viables	Campbell et Mills, 1979

Effets sur la santé chez l'homme et les animaux de laboratoire

Les expositions élevées au zinc ont été associées à une grande variété d'effets, dont des troubles gastro-intestinaux et des carences en d'autres éléments nutritifs, en particulier le cuivre, que ce soit chez l'homme ou les animaux de laboratoire. Toutefois, la carence en zinc, un élément essentiel, peut aussi être nocive.

Les apports maximaux tolérables tiennent compte des risques causés à la fois par les carences nutritionnelles et la toxicité, et la variabilité interindividuelle. En ce qui concerne les oligo-éléments essentiels comme le zinc, il existe un intervalle sécuritaire d'apports entre la carence et la toxicité, généralement représenté par une courbe dose-réponse ou de probabilité de risque en U. Les apports maximaux tolérables ne sont pas des valeurs spécifiques à une étude particulière portant sur la relation dose-réponse, mais ils sont calculés selon des principes bien établis.

À l'heure actuelle, aucun organisme de santé important ne donne de valeurs toxicologiques de référence pour les substances cancérigènes relatives au zinc; tous les organismes de santé

examinés considèrent plutôt le zinc comme une substance non cancérigène dans le cadre de toute évaluation des effets sur la santé. Les recommandations pour la qualité des sols visant la protection de la santé humaine reposent donc sur des indicateurs non cancérigènes. La principale préoccupation des organismes de santé concerne les effets potentiels du zinc sur les teneurs en cuivre dans l'organisme.

Chez les adultes, l'Institute of Medicine s'est servi de la dose minimale avec effet néfaste observé de 60 mg/j de zinc provenant de diverses études pour évaluer un apport maximal tolérable (Institute of Medicine, 2001). Un facteur d'incertitude de 1,5 a été appliqué à cette valeur pour tenir compte de la variabilité interindividuelle et de l'extrapolation d'une dose minimale avec effet néfaste observé à une dose sans effet néfaste observé. Le calcul donne ainsi un apport maximum tolérable en zinc par la nourriture, l'eau et les suppléments de 40 mg/j pour les adultes. Chez les groupes plus jeunes, les limites de l'institut ont été adoptées sans facteur d'incertitude additionnel, en fonction d'apports connus en zinc qui ne sont associés à aucun effet néfaste. Chez les tout-petits, l'apport maximal tolérable varie entre 4 et 12 mg/j selon le groupe d'âge.

Pour la présente évaluation, le Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME) a adopté les apports maximaux tolérables de l'Institute of Medicine comme doses journalières admissibles de zinc après ajustement de façon à correspondre aux poids corporels par défaut du CCME. Afin d'élaborer la recommandation pour la qualité des sols visant la protection de la santé humaine, des doses journalières admissibles de 0,48 mg/kg de poids corporel par jour et de 0,57 mg/kg de poids corporel par jour ont donc été adoptées pour les tout-petits et les adultes respectivement.

Élaboration des recommandations

Le CCME élabore les recommandations canadiennes pour la qualité des sols en fonction de quatre différentes utilisations de terrain ayant des récepteurs et des scénarios d'exposition qui lui sont propres (voir le tableau 1). Le tableau 4 présente les recommandations pour la qualité des sols et les valeurs de vérification pour toutes les vocations de terrain. Le document scientifique portant sur le zinc expose en détail l'élaboration des recommandations pour la qualité des sols concernant le zinc (CCME, 2018).

Recommandations pour la qualité des sols visant la protection de l'environnement

Le CCME établit les recommandations pour la qualité des sols visant la protection de l'environnement à partir de données relatives au contact avec le sol provenant d'études de toxicité réalisées sur des plantes et des invertébrés. Une vérification portant sur les cycles des nutriments et de l'énergie est également effectuée pour assurer un champ de protection plus large. Les effets des sols contaminés au zinc sur les eaux de surface devraient être examinés pour chaque lieu concerné. Pour les terrains à vocation agricole, des données de toxicité liées à l'ingestion de sol et de nourriture par des mammifères et des espèces aviennes ont été incluses. Pour les terrains à vocation commerciale et industrielle, une vérification portant sur la migration hors-site a

également été réalisée. Pour toutes les vocations de terrain, la valeur la plus faible entre la recommandation applicable et les valeurs de vérification est retenue comme recommandation générale.

Recommandations pour la qualité des sols visant la protection de la santé humaine

Santé Canada (CCME, 2018; Santé Canada, 2011) a évalué les doses journalières pour la population canadienne à partir de l'estimation de l'exposition moyenne à des concentrations de zinc présentes dans des milieux non contaminés. Cette estimation exclut les expositions pouvant survenir dans des lieux contaminés ou les activités pouvant entraîner une exposition plus élevée. Les doses journalières estimées sont de 0,545 mg/kg de poids corporel par jour pour les tout-petits et de 0,178 mg/kg de poids corporel par jour pour les adultes. Ces doses constituent des expositions de fond.

Pour la protection contre les effets non cancérogènes, le CCME se sert généralement de la dose journalière admissible résiduelle (la dose résiduelle est la différence entre la dose journalière admissible et la dose journalière estimée [de fond]) pour établir les recommandations canadiennes pour la qualité des sols. Toutefois, dans le cas de l'exposition au zinc des tout-petits, la dose journalière estimée est supérieure à la dose journalière admissible, produisant ainsi une dose journalière admissible résiduelle négative. La recommandation pour la qualité des sols visant la protection de la santé humaine concernant le zinc peut alors être égale à la concentration de fond dans le sol pour toutes les vocations de terrain, à l'exception de la vocation industrielle. Santé Canada a toutefois établi une procédure suivant laquelle la recommandation peut reposer sur une dose journalière admissible résiduelle qui correspond à la valeur la plus faible entre 10 % de la dose journalière estimée et 20 % de la dose journalière admissible (Santé Canada, 2011).

Dans le cas des terrains à vocation agricole, résidentielle/parc et commerciale (c.-à-d. les lieux en principe régulièrement fréquentés par les tout-petits), la recommandation repose sur 10 % de la dose journalière estimée au lieu de 20 % de la dose journalière admissible, produisant ainsi une valeur plus conservatrice. Dans le cas des terrains à vocation industrielle, soit ceux fréquentés par des adultes seulement, comme la dose journalière estimée ne dépasse pas la dose journalière admissible, aucun ajustement n'est nécessaire et la dose journalière admissible résiduelle est utilisée.

Le CCME n'a établi aucune recommandation concernant le zinc pour la protection des eaux souterraines utilisées comme source d'eau potable en raison de difficultés liées à l'application du modèle mathématique aux composés inorganiques. Aucune vérification portant sur les produits agricoles, la viande et le lait n'a été faite non plus, le transfert du zinc dans le réseau alimentaire étant très limité et les organismes étant capables de réguler les teneurs en zinc dans leurs tissus.

Pour les terrains à vocation agricole, résidentielle/parc et commerciale, les recommandations pour la qualité des sols visant la protection de la santé humaine reposent sur le contact direct avec le zinc présent dans le sol. La valeur de vérification portant sur la migration hors-site est inférieure à la recommandation pour la qualité des sols de terrains à vocation industrielle, mais supérieure à

celle des terrains à vocation commerciale. Par conséquent, seule la recommandation pour la qualité des sols de terrains à vocation industrielle est fondée sur la vérification portant sur la migration hors-site.

Recommandations pour la qualité des sols concernant le zinc

La recommandation définitive pour la qualité des sols relative à chaque vocation de terrain correspond à la valeur la plus faible entre la recommandation pour la qualité des sols visant la protection humaine et celle visant la protection de l'environnement.

Les données ont permis de calculer les recommandations pour la qualité des sols visant la protection de la santé humaine et de l'environnement. Les recommandations pour la qualité des sols concernant le zinc du tableau 1 remplacent donc celles élaborées en 1999 ainsi que les critères provisoires d'assainissement du sol de 1991. Le CCME (1996) a également donné des orientations sur les modifications possibles à apporter aux recommandations proposées pour la qualité des sols au moment d'établir des objectifs propres à un lieu.

Tableau 4. Recommandations pour la qualité des sols et valeurs de vérification concernant le zinc (mg/kg)

Recommandation	Vocation du terrain			
	Agricole	Résidentielle/ parc	Commerciale	Industrielle
	250a	250a	410a	410a
Recommandations ou valeurs de vérification visant la protection de la santé humaine				
Recommandation pour la qualité des sols	10 000	10 000	16 000	140 000
Recommandation relative au contact direct ^b	10 000	10 000	16 000	270 000
Vérification portant sur l'inhalation d'air intérieur ^c	NC	NC	NC	NC
Vérification portant sur la migration hors-site	—	—	140 000	140 000
Vérification portant sur les eaux souterraines (eau potable) ^d	NC	NC	NC	NC
Vérification portant sur les produits agricoles, la viande et le lait ^e	NC	NC	—	—
Recommandations ou valeurs de vérification visant la protection de l'environnement				
Recommandation pour la qualité des sols	250	250	410	410
Recommandation concernant le contact avec le sol	250	250	450	450
Recommandation relative à l'ingestion de sol et de nourriture	960	—	—	—
Vérification portant sur les cycles	280	280	410	410

des nutriments et de l'énergie				
Vérification portant sur la migration hors-site	—	—	2 900	2 900
Vérification portant sur les eaux souterraines (vie aquatique) ^d	NC	NC	NC	NC
Recommandation pour la qualité des sols concernant le zinc de 1999 (Environnement Canada, 1996)	200	200	360	360
Critères provisoires d'assainissement du sol (CCME, 1991)	600	500	1 500	1 500

Notes : NC = non calculée

Le tiret représente une recommandation ou une valeur de vérification ne faisant pas partie du scénario d'exposition pour cette vocation du terrain et qui, par conséquent, n'a pas été calculé.

a Les données sont suffisantes et adéquates pour permettre le calcul des recommandations visant la protection de l'environnement et de la santé humaine. La recommandation pour la qualité des sols correspond donc à la plus faible de ces deux valeurs, et remplace celle de 1999 et les critères provisoires d'assainissement du sol de 1991.

b La recommandation pour la qualité des sols visant la protection de la santé humaine par contact direct est fondée sur l'exposition au sol par ingestion, contact cutané ou inhalation de particules.

c La vérification portant sur l'inhalation d'air intérieur s'applique aux composés organiques volatils et n'est pas calculée pour les contaminants métalliques.

d La vérification s'applique aux composés organiques et n'est pas calculée pour les substances métalliques. Les préoccupations suscitées par les contaminants métalliques dans un lieu donné devraient être examinées au cas par cas.

e Cette vérification vise à protéger la santé humaine contre les substances chimiques susceptibles de bioaccumulation dans l'alimentation. Comme le zinc ne devrait pas avoir un tel comportement, cette voie n'a pas été évaluée.

Références

- Arocena, J.M., Nepal, S.K. et Rutherford, M. 2006. Visitor-induced changes in the chemical composition of soils in backcountry areas of Mt Robson Provincial Park, British Columbia, Canada. *J. Environ. Manage.* **79**(1) : p. 10-19.
- Broos, K., Warne, M.S., Heemsbergen, D.A., Stevens, D., Barnes, M.B., Correll, R.L. et McLaughlin, M.J. 2007. Soil factors controlling the toxicity of copper and zinc to microbial processes in Australian soils. *Environ. Toxicol. Chem.* **26**(4) : 583-590.
- Campbell, J.K. et Mills, C.F. 1979. The toxicity of zinc to pregnant sheep. *Environ Res.* **20** : p. 1-13.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1991. Critères provisoires canadiens de qualité environnementale pour les lieux contaminés. CCME, Winnipeg, Manitoba.
- CCME. Document d'orientation sur l'établissement d'objectifs particuliers à un terrain en vue d'améliorer la qualité du sol des lieux contaminés au Canada. 1996. CCME, Winnipeg, Manitoba.
- CCME. 2018. Scientific criteria document for the development of the Canadian soil quality guidelines for zinc: protection of environmental and human health. CCME, Winnipeg, MB.
- Cornfield, A.H. 1977. Effects of addition of 12 metals on carbon dioxide release during incubation of an acid sandy soil. *Geoderma.* **19**(3) : 199-203.
- Environnement Canada. 1996. Canadian soil quality guidelines for zinc: Environmental. Supporting document—final draft. Environnement Canada, Ottawa, Ontario.
- Environnement et Changement climatique Canada. Jeux de données de l'Inventaire national des rejets de polluants (INRP). 2015. Disponible sur le site www.ec.gc.ca/inrp-npri/default.asp?lang=Fr&n=0EC58C98- [consulté le 24 juin 2016].
- Feisthauer, N.C., Stephenson G.L., Princz, J.I. et Scroggins, R.P. 2006. Effects of metal-contaminated forest soils from the Canadian Shield to terrestrial organisms. *Environ. Toxicol. Chem.* **25**(3) : 823-835.

- Grunsky, E.C. 2010a. Geochemical background in soil and till from selected areas across Canada, including New Brunswick and the Maritime provinces soil survey: Part 1-Till geochemistry from selected areas in Canada Ressources naturelles Canada, Commission géologique du Canada, Ottawa, Ontario.
- Grunsky, E.C. 2010b. Geochemical background in soil and till from selected areas across Canada, including New Brunswick and the Maritime provinces soil survey: Part 3-Soil geochemistry from the Maritime provinces of Canada Ressources naturelles Canada, Commission géologique du Canada, Ottawa, Ontario.
- Hamels, F., Malevé, J., Sonnet, P., Kleja, D.B. et Smolders, E. 2014. Phytotoxicity of trace metals in spiked and field-contaminated soils: linking soil-extractable metals with toxicity. *Environ. Toxicol. Chem.* **33**(11) : 2479-2487.
- Institute of Medicine. 2001. Dietary reference intakes for vitamin A, vitamin K, arsenic, boron, chromium, copper, iodine, iron, manganese, molybdenum, nickel, silicon, vanadium and zinc. A Report of the Panel on Micronutrients, Subcommittees on Upper Reference Levels of Nutrients and of Interpretation and Uses of Dietary Reference Intakes, and the Standing Committee on the Scientific Evaluation of Dietary Reference Intakes. Food and Nutrition Board Institute of Medicine. National Academy Press, Washington, DC.
- Johnson, D. et Hale, B. 2004. White birch (*Betula papyrifera* Marshall) foliar litter decomposition in relation to trace metal atmospheric inputs at metal contaminated and uncontaminated sites near Sudbury, Ontario and Rouyn Noranda, Québec, Canada. *Environ. Pollut.* **127**(1) : p. 65-72.
- Liang, C.N. et Tabatabai, M.A. 1978. Effects of trace elements on nitrification in soils. *J. Environ. Qual.* **7**(2) : p. 291-293.
- Lipoth, S.L. et Schoenau, J.J. 2007. Copper, zinc, and cadmium accumulation in two prairie soils and crops as influenced by repeated applications of manure. *J. Plant Nutr. Soil Sc.* **170**(3) : 378-386.
- Ministère de l'Environnement et de l'Action en matière de changement climatique de l'Ontario. 2011. Rationale for the development of generic soil and groundwater standards for use at contaminated sites in Ontario. Direction de l'élaboration des normes, Toronto, Ontario.
- Organisation mondiale de la santé. 2001. Critères d'hygiène de l'environnement 221 – Zinc. Tiré de www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc221.htm#1.2.
- Owojori, O.J., Reinecke, A.J. et Rozanov, A.B. 2009. Role of clay content in partitioning, uptake and toxicity of zinc in the earthworm *Eisenia fetida*. *Ecotox. Environ. Safe.* **72**(1) : 99-107.
- Rencz, A.N., Garrett, R.G., Adcock, S.W. et Bonham-Carter, G.F. 2006. Geochemical background in soil and till. Commission géologique du Canada, Ottawa, Ontario. 2006. Dossier public 5084; 64 pages; 1 CD-ROM, doi : 10.4095/222148. Disponible á : geoscan.nrcan.gc.ca/geoscan-index.html.
- Sanei, H., Goodarzi, F. et Hiltz, S. 2007. Site-specific natural background concentrations of metals in topsoil from the Trail region, British Columbia, Canada. *Geochem.-Explor. Env. A.* **7**(1) : 41-48.
- Santé Canada. 2011. Zinc EDI development methodology. Health Canada, Ottawa, Ontario.
- Sheppard, S.C., Evenden, W.G., Abboud, S.A. et Stephenson, M. 1993. A plant life-cycle bioassay for contaminated soil, with comparison to other bioassays: Mercury and zinc. *Arch. Environ. Con. Tox.* **25** : 27-35.
- Soon, Y.K. 1994. Changes in forms of zinc after 23 years of cropping following clearing of a boreal forest. *Can. J. Soil Sci.* **74**(2) : 179-184.
- Soon, Y.K. et Abboud, S. 1990. Trace elements in agricultural soils of northwestern Alberta. *Can. J. Soil Sci.* **70**(3) : 277-288.

Comment citer ce document :

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2018. Recommandations canadiennes pour la qualité des sols : protection de l'environnement et de la santé humaine - zinc (2018). Dans : Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg, 1999.

Pour les questions de nature scientifique, veuillez communiquer avec :

Environnement et Changement climatique Canada
Bureau national des recommandations et des normes
351, boulevard Saint-Joseph, 6^e étage Annexe
Gatineau (Québec)
K1A 0H3
Téléphone : 1-800-668-6767 (au Canada seulement) ou 819-938-3860 (région de la capitale nationale)
Courriel : ec.rqe-eqq.ec@canada.ca

Also available in English.

© Conseil canadien des ministres de l'environnement 2018
Extrait de publication n° 1300; ISBN : 1-896997-36-8