



Environment
Canada

Environnement
Canada

*Loi canadienne sur la protection de l'environnement
(1999)*

**Recommandations fédérales pour la qualité de
l'environnement**

Cobalt

Environnement Canada

Février 2013

Introduction

Les Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement (ci-après appelées Recommandations) établissent des points de référence relatifs à la qualité du milieu ambiant. Lorsque les Recommandations sont respectées, la probabilité d'avoir des conséquences préjudiciables sur l'utilisation protégée (les formes de vie aquatiques ou les espèces fauniques qui peuvent en consommer) est faible. Ces Recommandations sont établies en fonction des effets ou des risques toxicologiques des substances ou des groupes de substances précis et ne tiennent pas compte de la capacité analytique ou des facteurs socioéconomiques. Les Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement ont trois fonctions. En premier lieu, elles peuvent servir d'outil de prévention de la pollution en fournissant des objectifs acceptables pour la qualité de l'environnement. En deuxième lieu, elles peuvent aider à évaluer l'importance des concentrations actuelles de substances chimiques dans l'environnement (surveillance des eaux, des sédiments et des tissus biologiques). Et en troisième lieu, elles peuvent servir de mesures de rendement des activités de gestion des risques. Le recours aux Recommandations fédérales pour la qualité des eaux est volontaire, à moins que leur observation soit exigée par un permis ou par un outil réglementaire. Ainsi, les Recommandations fédérales qui portent sur le milieu ambiant ne sont pas des limites d'effluents ni des valeurs « à ne jamais dépasser » mais pourront être utilisées pour déduire des limites d'effluents. L'élaboration des Recommandations relève de la responsabilité du ministère fédéral de l'Environnement, conformément à la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement, 1999*. L'objectif est d'élaborer des Recommandations pour appuyer l'évaluation et la gestion des risques des produits chimiques d'intérêt prioritaire recensées dans le Plan de gestion des produits chimiques (PGPC) ou d'autres initiatives fédérales. La présente fiche d'information décrit les Recommandations fédérales pour la qualité des eaux (RCQE) qui visent la protection de la vie aquatique pour le cobalt. Pour le moment, aucune Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement n'a été élaborée pour les milieux naturels du sol, des sédiments ou les tissus biologiques.

Identité de la substance

Le cobalt est un élément d'origine naturelle. Le cobalt est un oligo-élément essentiel, qui est indispensable à la formation de la vitamine B₁₂ ainsi qu'à certaines fonction enzymatiques (Gál *et al.*, 2008). Diverses sources anthropiques contribuent au rejet du cobalt dans l'environnement, notamment la combustion de combustibles fossiles, les boues d'épuration, les engrais phosphatés, l'exploitation et la fusion de minerais contenant du cobalt et les procédés industriels utilisant des composés à base de cobalt (Hodge et Dominey, 2001; PISSC, 2006). Le gouvernement du Canada (2011a) a axé son évaluation des substances contenant du cobalt sur quatre composés en particulier : le cobalt élémentaire (Co, numéro de registre du Chemical Abstract Service [n° CAS] 7440-48-4), le dichlorure de cobalt (CoCl₂, n° CAS 7646-79-9), le sulfate de cobalt (II) avec un ratio cobalt-sulfate de 1:1 (Co.H₂O₄S, n° CAS 10124-43-3) et le sel de cobalt-acide sulfurique dont l'ion cobalt n'est pas spécifié ou dont le ratio cobalt-acide est inconnu (Co_x.H₂O₄S, n° CAS 10393-49-4). La présente fiche d'information a été élaborée en

tenant compte de cette évaluation, laquelle est fondée sur les données et l'information recueillies jusqu'en février 2010. Certaines données portant sur les utilisations, le devenir, les concentrations ambiantes et la toxicité qui sont présentées ci-dessous ont trait à cette évaluation et à ces composés. Toutefois, les recommandations fédérales pour la qualité des eaux calculées dans la présente fiche (figure 1) concernent l'ion ou la partie cobalt et peuvent être considérées comme s'appliquant à toutes les sources ou formes de cobalt. Une évaluation réglementaire plus vaste portant sur toutes les substances contenant du cobalt est en cours (Canada, 2011b).

Utilisations :

Le cobalt sous forme élémentaire est utilisé dans des usines de production de produits chimiques et il entre dans la fabrication de pigments et d'alliages (Environnement Canada, 2009; ATSDR, 2004) ainsi que de piles rechargeables (CDI, 2006). Le dichlorure de cobalt est employé comme catalyseur et déshydratant, alors que le sulfate de cobalt est couramment utilisé comme supplément nutritif dans l'alimentation du bétail (Environnement Canada, 2009). La presque totalité (99 %) du cobalt fabriqué au Canada est exportée. En 2006, plus de 22 millions de kilogrammes de cobalt ont été importés au Canada sous forme de produits à base de cobalt, de dichlorure de cobalt, de sulfate de cobalt et de sels de cobalt-acide sulfurique (Environnement Canada, 2009).

Devenir, comportement et repartition dans l'environnement :

Le cobalt peut être présent sous diverses formes dans l'air ambiant, les eaux de surface, les sédiments, les sols et les eaux souterraines. Le cobalt est non volatil qui exerce une pression partielle nulle dans l'air (Diamond *et al.*, 1992) et dont les rejets dans l'air se font principalement sous forme de particules fines. Les activités anthropiques de combustion de combustibles fossiles et de déchets donnent lieu à des rejets de cobalt sous forme principalement d'oxydes. Le cobalt est également rejeté sous formes d'arséniure et de sulfure durant l'extraction et le raffinage des minerais (IPCS, 2006).

Recommandation fédérale pour la qualité des eaux : 2,5 µg/L

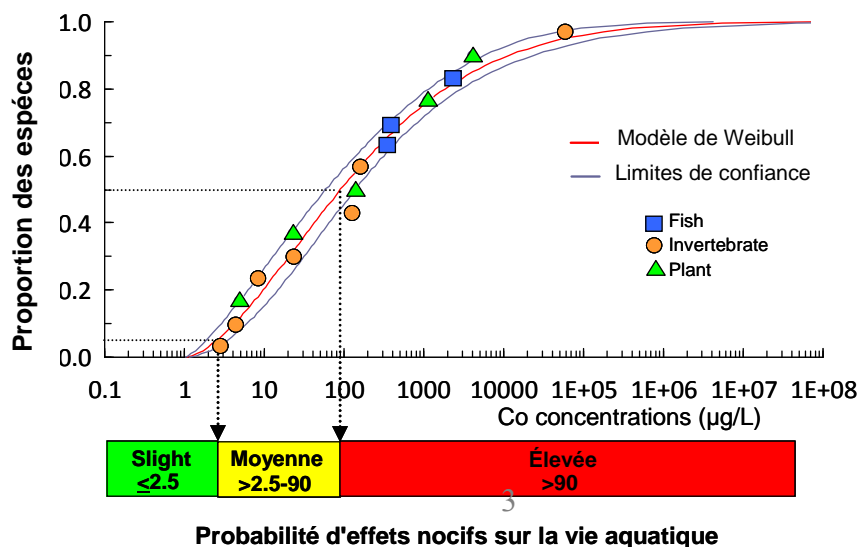


Figure 1. Distribution de la sensibilité des espèces (DSE) basée sur les données sur la toxicité du cobalt pour les organismes aquatiques et niveaux avec effet correspondants chez les organismes aquatiques

Le dichlorure de cobalt et le sulfate de cobalt sont extrêmement solubles et sont presque toujours dans la forme dissoute dans l'environnement. Les poudres de cobalt élémentaires peuvent aussi libérer des ions de cobalt dans la solution si renvoyé aux eaux de surface. Un peu de cobalt élémentaire non dissous peut être trouvé dans les sédiments et les sols mouillés dans le cas où le cobalt élémentaire a été directement libéré. Pour les ions de cobalt, l'état d'oxydation (II) est plus stable que l'état oxydation (III) (Cotton et Wilkinson, 1988), une condition qui favorise des complexes chimiques avec le cation bivalent dans les solutions aqueuses.

La distribution sol-eau du cobalt varie considérablement en fonction des propriétés du sol (Canada, 2011a). Le cobalt se lie solidement aux sédiments et aux particules en suspension, et les coefficients élevés de distribution sédiments-eau laissent croire que la majeure partie du cobalt dans le milieu aquatique restera fixé aux sédiments du fond.

Les facteurs de bioaccumulation pour le cobalt varient de 7,4 à 3 110 L/kg chez les organismes aquatiques et de 0,091 à 0,645 dans le biote et les sédiments (Canada, 2011a). Les études menées en laboratoire et sur le terrain ont conclu à l'absence de bioamplification du cobalt dans les réseaux trophiques. Il en est conclu que le potentiel de bioaccumulation du cobalt dans les écosystèmes naturels n'est pas élevé et que, même si le cobalt élémentaire, le sulfate de cobalt et le dichlorure de cobalt satisfont au critère de persistance, ils ne satisfont pas au critère de bioaccumulation défini dans le *Règlement sur la persistance et la bioaccumulation* (Canada, 2000).

À la lumière de l'information présentée dans le rapport d'évaluation préalable, le gouvernement du Canada (Canada, 2011a) a conclu que le cobalt élémentaire, le sulfate de cobalt et le dichlorure de cobalt ne pénètrent pas dans l'environnement en une quantité ou concentration ou dans des conditions de nature à avoir, immédiatement ou à long terme, un effet nocif sur l'environnement ou sur la diversité biologique ou à mettre en danger l'environnement essentiel à la vie. Il est donc conclu que ces substances ne satisfont individuellement à aucun des critères énoncés à l'article 64 de la LCPE (1999). Une évaluation plus poussée de la partie cobalt est en cours dans le cadre d'une évaluation plus vaste des substances contenant du cobalt.

Concentrations ambiantes :

À l'échelle mondiale, les concentrations de cobalt dans les zones relativement vierges varient selon le type de substrat rocheux et les conditions géologiques de surface. Elles sont habituellement de 20 à 25 mg/kg dans les sols, de moins de 1 µg/L dans les eaux douces de surface, de 0,3 à 1,7 µg/L dans les eaux de pluie et d'environ 1 ng/m³ dans l'atmosphère en régions éloignées (PISSC, 2006). Dans certaines régions au Canada où se trouvent des industries qui fabriquent ou utilisent des composés à base de cobalt, les concentrations de cobalt mesurées dans l'eau varient de taux inférieurs à la limite de

détection à 6,9 µg/L (Canada, 2011a), alors que les concentrations dans des eaux de surface prélevées dans trois des sites les plus contaminés du Canada fluctuent entre 0,025 et 2 028 µg/L (Percival *et al.*, 1996; Ressources naturelles Canada, 2001; Ville du Grand Sudbury, 2001, 2004). Même si les émissions naturelles dépassent probablement les émissions anthropiques de cobalt dans l'environnement (Smith et Carson, 1981), une contamination anthropique restreinte peut quand même être importante et néfaste pour l'environnement, plus particulièrement dans les secteurs où l'activité industrielle a entraîné un accroissement des concentrations ambiantes.

Mode d'action :

Bien qu'on ne comprenne pas parfaitement le mode d'action toxique du cobalt, on sait que cette substance inhibe diverses enzymes et que ceci entraîne une diminution de la respiration tissulaire et du métabolisme (Smith et Carson, 1981). Le cobalt entrave notamment le cycle de l'acide citrique et peut aussi inhiber ou stimuler différentes enzymes du foie, y compris des enzymes qui métabolisent des médicaments. À son état $2+$, l'ion cobalt peut remplacer d'autres ions positifs bivalents, réagissant avec le groupe thiol d'acides aminés, les protéines et autres coenzymes et cofacteurs, ce qui provoque une modification de l'activité enzymatique (Smith et Carson 1981).

Toxicité aquatique :

Il a été démontré que le cobalt est toxique pour les organismes aquatiques, parfois dans des concentrations observées dans les milieux contaminés. Il existe une multitude de données empiriques dans la documentation portant sur la toxicité aquatique à court et à long terme pour le dichlorure de cobalt, le sulfate de cobalt et autres composés du cobalt, lesquels se transforment tous, après leur rejet dans l'eau et dans une plus ou moins grande mesure, en espèces biodisponibles de cobalt dissous, plus particulièrement, l'ion libre Co^{2+} . La toxicité des métaux est souvent influencée par la dureté, le pH, la force ionique et le carbone organique dissous (CDI, 2009; Canada, 2011a). Il peut donc arriver – suivant les besoins de l'évaluation – que les données sur la toxicité soient normalisées en fonction des effets de ces facteurs. Aucune normalisation de ce genre n'a cependant été effectuée, car les données requises ne sont pas accessibles pour formuler des équations de normalisation appropriées.

Parmi les études examinées aux fins du rapport d'évaluation préalable, neuf études ont fourni des données acceptables sur la toxicité à long terme chez 15 espèces différentes, les valeurs obtenues variant de 2,9 à 59 000 µg/L pour divers paramètres (tableau 1). Les invertébrés ont tendance à être les espèces les plus sensibles au cobalt, tandis que les poissons semblent y être moins sensibles. Les sensibilités se chevauchent toutefois entre les taxons. Parmi les invertébrés, l'amphipode (*Hyalella azteca*) et le rotifère (*Philodina acuticornis*) ont été respectivement les espèces la plus et la moins sensibles. Les espèces de végétaux et de poissons les plus sensibles ont été respectivement la lenticule mineure (*Lemna minor*) et le poisson zèbre (*Brachydanio rerio*), alors que les espèces les moins sensibles ont été l'algue verte (*Chlamydomonas acidophila*) et la truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*).

Élaboration des Recommandations fédérales pour la qualité des eaux

Les Recommandations fédérales pour la qualité des eaux élaborées dans le présent document définissent des points de référence pour les écosystèmes aquatiques, dont l'objectif est de protéger toutes les formes de vie aquatique durant des périodes d'exposition indéfinies. Une courbe de distribution de la sensibilité des espèces (DES) a été établie à partir des données sur la toxicité à long terme présentées au tableau 1 pour quinze espèces, soit trois espèces de poissons, sept espèces d'invertébrés et cinq espèces de végétaux ou d'algues (figure 1). Chacune des espèces, pour lesquelles on avait accès à des données « ad hoc » sur la toxicité, a été classée selon le niveau de vulnérabilité; on a également déterminé la position centralisée de chacune dans la distribution de la sensibilité des espèces. Les concentrations sont exprimées en microgrammes de cobalt par litre ($\mu\text{g Co/L}$). Par conséquent, les Recommandations fédérales pour la qualité des eaux dérivées de ces données s'appliquent au total de cobalt plutôt qu'aux composés testés (p. ex., CoCl_2).

Tableau 1. Données de toxicité à long terme utilisées pour l'élaboration des Recommandations fédérales pour la qualité des eaux à l'égard du cobalt.

Espèce	Groupe	Paramètre et durée	Concentration ($\mu\text{g/L}$)	Référence
Amphipode (<i>Hyalella azteca</i>)	●	CI ₂₅ après 28 jours (croissance)	2,9	Norwood <i>et al.</i> , 2007
Cladocère (<i>Daphnia magna</i>)	●	CME0 après 28 jours (reproduction)	4,4	Kimball (non publiée)
Lenticule mineure (<i>Lemna minor</i>)	△	CE ₁₀ après 7 jours (croissance)	4,9	CDI, 2009a
Cladocère (<i>Ceriodaphnia dubia</i>)	●	CE ₁₀ après 21 jours (reproduction)	7,9	CDI, 2009a
Escargot (<i>Lymnea stagnalis</i>)	●	CE ₁₀ après 28 jours (croissance)	22	De Schampelaere <i>et al.</i> , 2008
Algues vertes (<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>)	△	CE ₁₀ après 4 jours (croissance)	23	CDI, 2009a
Moucheron (<i>Chironomus tentans</i>)	●	CE ₁₀ après 20 jours (croissance)	123	CDI, 2009a
Lenticule d'eau géante (<i>Spirodela polyrhiza</i>)	△	CE ₅₀ après 4 jours (croissance)	140	Gaur <i>et al.</i> , 1994
Oligochète (<i>Aeolosoma</i>)	●	CE ₁₀ après 14 jours (reproduction)	155	CDI, 2009a
Poisson zèbre (<i>Brachydanio rerio</i>)	■	CMAT après 16 jours (survie)	340	Dave et Xiu, 1991
Tête-de-boule (<i>Pimephales promelas</i>)	■	CE ₁₀ après 35 jours (survie)	351	CDI, 2009a
Algues vertes (<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>)	△	CE ₃₀ après 5 jours (croissance)	1 120	Macfie <i>et al.</i> , 1994
Truite arc-en-ciel (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	■	CE ₁₀ après 81 jours (biomasse)	2 171	CDI, 2009a
Algues vertes (<i>Chlamydomonas acidophila</i>)	△	CE ₅₀ après 4 jours (croissance)	4 100	Nishikawa et Tominaga, 2001

Rotifère (<i>Philodina acuticornis</i>)	●	CE ₅₀ après 4 jours (reproduction)	59 000	Buikema <i>et al.</i> , 1974
--	---	--	--------	------------------------------

Légende : ■ = Poissons; ● = Invertébrés; ▲ = Plantes

CIx/CEx = Concentration inhibitrice / entraînant des effets sur X pourcent de la population;

CME0 = Concentration minimale avec effet observé; CMAT = Concentration maximale acceptable de toxiques. Conformément au protocole du Conseil canadien des ministres de l'environnement (CCME, 2007), plusieurs fonctions de distribution cumulative ont été adaptées aux données à l'aide des méthodes de régression; le choix du meilleur modèle s'est fondé sur l'examen sur la validité de l'ajustement. Le modèle de Weibull s'adaptait le mieux à ces données et le 5^e centile de la courbe de distribution de la sensibilité des espèces correspond à 2,5 µg/L, avec des limites de confiance supérieure et inférieure respectives de 1,9 et 3,4 µg/L (figure 1).

Le 5^e centile de 2,5 µg/L calculé à partir de la distribution de la sensibilité des espèces est sélectionné comme la concentration estimée sans effet (CESE) et la Recommandation fédérale pour la qualité des eaux liée à la toxicité des organismes d'eau douce. Cette recommandation représente la concentration au-dessous de laquelle la probabilité d'effets nocifs sur la vie aquatique est faible ou nulle. Outre cette recommandation, deux autres niveaux de concentration sont fournis pour être utilisés dans le cadre de la gestion des risques. À des concentrations situées entre les 5^e et 50^e centiles de la distribution de la sensibilité des espèces (2,5 à 90 µg/L), il existe une probabilité moyenne d'avoir des effets nocifs sur la vie aquatique. Les concentrations supérieures au 50^e centile (> 90 µg/L) ont une probabilité élevée d'entraîner des effets nocifs. Il se peut que les gestionnaires des risques trouvent utiles ces niveaux de concentration additionnels pour définir des objectifs de gestion des risques à court terme ou provisoires, lors d'une planification de gestion des risques par étapes. On peut également se servir des niveaux de concentration modérés et élevés pour fixer des objectifs visant une moindre protection lorsque les eaux sont déjà fortement dégradées ou lorsqu'il y a des considérations d'ordre socioéconomique qui empêchent la possibilité de respecter la Recommandation fédérale pour la qualité des eaux (c.-à-d. le 5^e).

Le rapport d'évaluation préalable avait pour but d'examiner les effets nocifs potentiels du cobalt pour les organismes aquatiques (Canada, 2010) et n'a pas examiné la présence et les effets du cobalt dans l'air, le sol et les sédiments. De plus, les rejets de cobalt dans l'atmosphère et le dépôt subséquent de ce métal dans le sol se font principalement sous forme d'oxydes, une forme du cobalt qui n'a pas été prise en compte dans l'évaluation (Canada, 2011).

Références

[ATSDR] Agency for Toxic Substances and Disease Registry. 2004. Toxicological Profile for Cobalt. Department of Health and Human Services, ATSDR. Accès : <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp33.html> [consulté le 9 mars 2010].

Buikema, A.L., Cairns, J., Sullivan, G.W. 1974. Evaluation of *Philodina acuticornis* (rotifera) as a bioassay organism for heavy metals. *Water Res. Bull.* 10: 648-661.

Canada. 2000. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) : Règlement sur la persistance et la bioaccumulation*, C.P. 2000-348, 23 mars 2000, DORS/2000-107. Accès : <http://www.gazette.gc.ca/archives/p2/2000/2000-03-29/pdf/g2-13407.pdf>

Canada. Ministère de l'Environnement, ministère de la Santé. 2011a. Évaluation préalable pour le Défi concernant le cobalt (cobalt élémentaire), Numéro de registre du Chemical Abstracts Service 7440-48-4; dichlorure de cobalt, Numéro de registre du Chemical Abstracts Service 7646-79-9; sulfate de cobalt, Numéro de registre du Chemical Abstracts Service 10124-43-3; acide sulfurique, sel de cobalt, Numéro de registre du Chemical Abstracts Service 10393-49-4. Rapport préparé par : Environnement Canada, Santé Canada, Programme des substances existantes, Gatineau (Qc). 124 p. Accès : http://www.ec.gc.ca/ese-ees/8E18277B-457E-4073-8F27-EF5878648820/batch10_4substances%281%29_fr.pdf

Canada. Ministère de l'Environnement, ministère de la Santé. 2011b. *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999) : Annonce de mesures prévues d'évaluation et de gestion, le cas échéant, des risques que certaines substances présentent pour la santé des Canadiens et l'environnement*. *Gazette du Canada*, Partie I, vol. 145, n° 41, p. 3125-3129. Accès : <http://www.gazette.gc.ca/rp-pr/p1/2011/2011-10-08/html/notice-avis-fra.html>

[CCME] Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2007. Protocole d'élaboration des recommandations pour la qualité des eaux en vue de protéger la vie aquatique. In: *Recommandations fédérales pour la qualité des eaux, 1999*, Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg. Accès : <http://ceqg-rcqe.ccme.ca/>

[CDI] Cobalt Development Institute. 2006. Cobalt Fact Sheet 8: Electronics. Surrey (R.-U.) Accès : <http://www.thecdi.com/cobaltfacts.php> [consulté le 5 février 2010].

CDI Cobalt Development Institute 2009a. Development of Protective Water Quality Concentrations for Cobalt - Data in preparation. Aquatic Research Program. Guildford, Surrey (R.-U.) The Cobalt Development Institute.

Cotton, F.A., Wilkinson, G. 1988. *Advanced inorganic chemistry*, 5^e édition. Toronto (Ont.) : John Wiley and Sons. 1455 p.

Dave, G., Xiu, R. 1991. Toxicity of Mercury, Nickel, Lead, and Cobalt to Embryos and Larvae of Zebrafish, *Brachydanio rerio*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 21:126-134.

De Schampelaere, K.A.C., Koene, J.M., Heijerick, G., Janssen, C.R. 2008. Reduction of growth and haemolymph Ca levels in the freshwater snail *Lymnaea stagnalis* chronically exposed to cobalt. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 71:65-70.

Diamond, M.L., Mackay, D., Welbourn, P.M. 1992. Models of multi-media partitioning of multi-species chemicals: the fugacity/equivalence approach. *Chemosphere* 25:91907-21.

Environnement Canada. 2009. Données sur les substances du lot 10 recueillies en vertu de l'article 71 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. Données préparées par Environnement Canada, Programme des substances existantes.

Gál, J., Hursthouse, A., Tatner, P., Stewart, F., Welton, R. 2008. Cobalt and secondary poisoning in the terrestrial food chain: Data review and research gaps to support risk assessment. *Environ. Int.* 34:821-838.

Gaur, J.P., Noraho, N., Chauhan, Y.S. 1994. Relationship between heavy metal accumulation and toxicity in *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid and *Azolla pinnata* R. Br. *Aquat. Bot.* 49:183-192.

Hodge, F.G. and L. Dominey. 2001. Cobalt and cobalt alloys. Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, version en ligne, accès : <http://mrw.interscience.wiley.com/emrw/9780471238966/kirk/article/cobahodg.a01/current/pdf>.

Kimball, G. 1978. The effects of lesser known metals and one organic to fathead minnows (*Pimephales promelas*) and daphnia magna. Document inédit. 89 p.

Kliza, D., Telmer, K. (éditeurs). 2001. Phase I: Lake sediment studies in the vicinity of the Horne smelter in Rouyn-Noranda. Québec : Ressources naturelles Canada, Commission géologique du Canada, GSC-Openfile 2952.

Macfie, S.M., Tarmohamed, Y., Welbourn, P.M. 1994. Effects of cadmium, cobalt, copper, and nickel on growth of the green alga *Chlamydomonas reinhardtii*: the influences of the cell wall and pH. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 27:454-458.

Nishikawa, K., Tominaga, N. 2001. Isolation, growth, ultrastructure, and metal tolerance of the green alga, *Chlamydomonas acidophila* (Chlorophyta). *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 65:2650-2656.

Norwood, W.P., Borgmann, U., Dixon, D.G. 2007. Chronic toxicity of arsenic, cobalt, chromium and manganese to *Hyalella azteca* in relation to exposure and bioaccumulation. *Environ. Pollut.* 147:262-272.

[RNCan] Ressources naturelles Canada. 2001. Phase I: Lake sediment studies in the vicinity of the Horne smelter in Rouyn-Noranda, Quebec, GSC-Openfile 2952.

Percival, J.B., Dumaresq, C.G., Kwong, Y.T.J., Hendry, K.B., Michel, F.A. 1996. Arsenic in surface waters, Cobalt, Ontario. Current Research; Commission géologique du Canada. 137-146.

Smith, I.C., Carson, B.L. 1981. Trace metals in the environment. Volume 6: Cobalt. Ann Arbor (MI) : Ann Arbor Publishers. 65-66, 1202 p.

Liste des acronymes

CCME – Conseil canadien des ministres de l'environnement
CE – Concentration entraînant un effet
CI – Concentration inhibitrice
CL₅₀ – Concentration létale médiane
CMEO – Concentration minimale avec effet observé
CMAT – Concentration maximale acceptable de toxiques
DSE – Distribution de la sensibilité des espèces
LCPE – *Loi canadienne sur la protection de l'environnement*
PGPC – Plan de gestion des produits chimiques
RFQE – Recommandations fédérales pour la qualité de l'environnement
REP – Rapport d'évaluation préalable