



Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection des utilisations de l'eau à des fins agricoles

ARSENIC

Le comportement de divers arsenicaux, en particulier les formes inorganiques et méthylées, est fonction du type de sol, de la teneur en colloïdes métalliques, du potentiel d'oxydo-réduction et de l'acidité, de la teneur relative en phosphates, de la forme chimique de l'arsenic ainsi que des populations microbiotiques (Mushak, 1985). Dans les sols aérobies, l'arséniate constitue la principale espèce chimique, tandis que dans les sols anaérobies, c'est l'arsénite qui prédomine. La biométhylation de l'arsenic inorganique produit de l'acide monométhylarsonique et de l'acide diméthylarsonique.

L'arsenic est adsorbé à la surface des oxydes hydratés de fer et d'aluminium, composés avec lesquels il réagit. Il tend donc davantage à être adsorbé dans les sols à forte teneur en argile (Woolson, 1983). L'arsenic pourrait s'accumuler sous forme de composés d'aluminium-arsenic ou de calcium-arsenic. L'arsenic peut être lixivié lorsque les concentrations en fer réactif, en aluminium et en calcium échangeable sont faibles (Woolson et coll., 1971).

Dans les cultures qui poussent dans des sols contaminés à l'arsenic, l'arsenic ne s'accumule pas dans les tissus aériens (Leibig, 1966). Une accumulation d'arsenic se produit rarement dans les parties comestibles des plantes, ce phénomène étant exclu par le ralentissement de croissance que subissent les végétaux exposés. Chez les plantes sensibles à l'arsenic, les racines pourraient subir des dommages, et l'assimilation pourrait être réduite. Chez les plantes tolérantes à l'arsenic, des mécanismes d'exclusion empêchent toute accumulation importante de cette substance.

Pour de plus amples renseignements sur les usages, les concentrations dans l'environnement et les propriétés chimiques de l'arsenic, consulter le feuillet d'information sur ce produit au chapitre 4 des *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement* ainsi que le document technique connexe (CCME, 1997).

Élaboration des recommandations pour la qualité des eaux

Les recommandations provisoires canadiennes pour la qualité des eaux établies pour l'arsenic aux fins de la

protection des utilisations agricoles de l'eau ont été élaborées selon le protocole du CCME (CCME, 1993).

Eau d'irrigation

Une recommandation provisoire pour la qualité des eaux a été fixée à $100 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ pour l'arsenic total dans l'eau d'irrigation aux fins de la protection des cultures.

Des données sur la toxicité de l'arsenic étaient disponibles pour 25 cultures. Le haricot, le pois et l'épinard semblent être les espèces les plus sensibles, tandis que le chou serait l'espèce la moins sensible (CCME, 1997).

Les CMEO variaient entre $11,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de sol pour ce qui est de l'inhibition de la croissance du haricot vert (*Phaseolus vulgaris*) et de l'épinard (*Spinacia oleracea*) et $505 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de sol pour ce qui est de l'inhibition de la croissance du chou (*Brassica oleracea*) (Woolson, 1973). Au regard de l'inhibition de la croissance, des CMEO de 13,5, de 20 et de $25 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de sol ont été enregistrées pour le radis (*Raphanus sativus*) et le haricot de Lima (*Phaseolus limensis*), la fève des marais (*Vicia faba*) et le pois (*Pisum sativum*), respectivement (Jacobs et coll., 1970; Woolson, 1973; Kulich, 1987).

Les données disponibles sont suffisantes pour qu'il soit possible d'élaborer une recommandation provisoire. La plante la plus sensible était le pois cultivé (*P. vulgaris*), lequel montrait une inhibition de croissance de 42 % après exposition à une concentration d'arsenic de $11,2 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de sol (Woolson, 1973). La concentration maximale acceptable dans le sol pour l'espèce (CMASE) correspond à la moyenne géométrique de la CSEO

Tableau 1. Recommandations pour la qualité des eaux établies pour l'arsenic* aux fins de la protection des utilisations agricoles de l'eau (CCME, 1997).

Utilisation	Recommandation ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
Eau d'irrigation	100 [†]
Eau d'abreuvement du bétail	25 [†]

* Pour l'arsenic total.

[†] Recommandation provisoire.

(1,2 mg·kg⁻¹ de sol) et de la CMEO (11,2 mg·kg⁻¹ de sol), divisée par un facteur d'incertitude de 10. On a calculé la masse admissible d'arsenic pour le pois cultivé (1,2 kg) en multipliant la CMASE (0,37 mg·kg⁻¹ de sol) par la masse volumique apparente de 1 ha de sol (1300 kg·m⁻³) et par le volume apparent du sol à une profondeur de 25 cm (100 × 100 × 0,25 m). On a ensuite divisé la masse du contaminant par le taux d'irrigation (1,2 × 10⁷ L·ha⁻¹) pour obtenir une CMATE de 100 µg·L⁻¹. Cette valeur étant la plus faible des CMATE déduites pour l'ensemble des espèces étudiées, elle a été adoptée comme recommandation provisoire pour la qualité des eaux visant la protection de l'eau d'irrigation (CCME, 1997).

Eau d'abreuvement du bétail

La recommandation pour la qualité des eaux établie pour l'arsenic total aux fins de la protection du bétail est de 25 µg·L⁻¹.

Des données étaient disponibles pour 13 mammifères et 9 oiseaux. L'espèce la plus sensible était le beagle, qui présentait une inhibition de la croissance (exposition de 18 mois) et une diminution de la longévité (exposition de 2 ans) après avoir reçu des doses de 2,2 mg·kg⁻¹ d'arsénite de sodium (Byron et coll., 1967).

Les toxicités estimées varient entre une CMEO (inhibition de la croissance et diminution de la longévité) de 2,2 mg·kg⁻¹ par jour pour le beagle (*Canis domesticus*) et une DL₅₀ monodose de 4989 mg·kg⁻¹ pour le faisan de chasse (*Phasianus colchicus*) (Byron et coll., 1967; Heath et coll., 1972). Des doses de trioxyde d'arsenic de seulement 4 mg·kg⁻¹ par jour ont entraîné des changements histologiques dans la peau, le foie, les reins, la rate et les testicules de la souris (*Mus musculus*) (Baronie et coll., 1963; Bencko et coll., 1968; Hattori et coll., 1983). Chez le colin de Californie (*Lophortyx californicus*), la DL₅₀ monodose était de 47,6 mg·kg⁻¹ (Hudson et coll., 1984). Des poulets (*Gallus gallus*) ayant absorbé de l'arsenic à raison de 50 mg·kg⁻¹ d'aliments pendant 21 jours ont affiché une faible prise pondérale (Howell et Hill, 1978). Des doses d'arséniate de 400 mg·kg⁻¹ d'aliments ont inhibé la prise pondérale, la croissance et le développement chez le caneton colvert (*Anas platyrhynchos*) (Camardese et coll., 1990; Hoffman et coll., 1992).

Les renseignements disponibles sont suffisants pour qu'il soit possible de déduire une recommandation provisoire pour la qualité des eaux visant la protection de l'eau d'abreuvement du bétail (CCME, 1993a). Pour élaborer

cette recommandation provisoire, on a d'abord calculé des doses journalières admissibles (DJA). On a obtenu une DJA de 93 µg·kg⁻¹ par jour pour le beagle en divisant la moyenne géométrique de la CMEO (2,2 mg·kg⁻¹ par jour) et de la CSEO (CMEO ÷ 5,6) par un facteur de sécurité de 10 (CCME, 1993a, 1993b). On a calculé une CR de 0,35 mg·L⁻¹ en multipliant la DJA par le plus faible rapport du poids corporel au taux d'ingestion d'eau (3,8, pour les poulets Leghorn blancs). Afin de tenir compte des sources d'exposition à l'arsenic autres que l'eau, on a multiplié la CR la plus faible par un facteur de répartition de 0,2, ce qui a donné une recommandation provisoire pour la qualité des eaux visant la protection de l'eau d'abreuvement du bétail de 71 µg·L⁻¹ (CCME, 1993a, 1993b). Cependant, le protocole exige que la plus faible des valeurs obtenues pour le bétail et l'eau potable soit retenue comme recommandation provisoire finale. La recommandation applicable à l'eau potable étant de 25 µg·L⁻¹, elle a été adoptée comme recommandation provisoire visant la protection de l'eau d'abreuvement du bétail contre les effets néfastes de l'arsenic total (CCME, 1997).

Références

- Baronie, C., C.J. van Esch et U. Saffiotti. 1963. Carcinogenesis tests of two inorganic arsenicals. Arch. Environ. Health 7:668-674.
- Bencko, V., K. Nagedly et J. Somora. 1968. Histological picture of several organs after long-term peroral administration of arsenic to hairless mice. Cesk. Hyg. 13:344-347.
- Byron, W.R., G.W. Bierbower, J.B. Brouwer et W.H. Hansen. 1967. Pathologic changes in rats and dogs from two-year feeding of sodium arsenite or sodium arsenate. Toxicol. Appl. Pharmacol. 10:132-147.
- Camardese, M.D., D.J. Hoffman, L.J. LeCaptain et G.W. Pendleton. 1990. Effects of arsenate on growth and physiology in mallard ducklings. Environ. Toxicol. Chem. 9: 785-795.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1993. Annexe XV — Méthode d'élaboration des recommandations pour la qualité des eaux : protection des utilisations agricoles (octobre 1993), dans *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada*, Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement. 1987. Préparée par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux. [Mise à jour et reprise avec de légères modifications de fond et d'autres au niveau de la forme dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, chapitre 5, Conseil canadien des ministres de l'environnement, 1999, Winnipeg.]
- . 1997. Annexe XXIII — Recommandations pour la qualité des eaux au Canada : mise à jour, arsenic, bromacil, carbaryl, chloropyrifos, deltaméthrine et glycols, dans *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada*, Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement. 1987. Préparée par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux.
- Hattori, K., M. Nishikawa, K. Fujita, M. Mashiko, T. Arima et Y. Ichiki. 1983. Epidermal and follicular changes on the mouse skin induced by arsenic trioxide solution (arsenous acid) administration as drinking water: Microscopic and ultrastructural studies. Boei Ika Daigakko Zasshi 8:132-138.
- Heath, R.G., J.W. Spann, E.F. Hill et J.F. Kreitzer. 1972. Comparative dietary toxicities of pesticides to birds. U.S. Fish Wildl. Serv. Spec.

- Sci. Rep.-Wildl. No. 152. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, DC.
- Hoffman, D.J., C.J. Sanderson, L.J. LeCaptain, E. Cromartie et G.W. Pendleton. 1992. Interactive effects of arsenate, selenium, and dietary protein on survival, growth, and physiology in mallard ducklings. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 22: 55–62.
- Howell, G.O. et C.H. Hill. 1978. Biological integration of selenium with other trace elements in chicks. *Environ. Health Perspect.* 25:147–150.
- Hudson, R.H., R.K. Tucker et M.A. Haegele. 1984. Handbook of toxicity of pesticides to wildlife. U.S. Fish Wildl. Serv. Resour. Publ. 153. 2d ed. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, DC.
- Jacobs, L.W., D.R. Keeney et L.M. Walsh. 1970. Arsenic residue toxicity to vegetable crops grown on Plainfield sand. *Agron. J.* 62:588–591.
- Kulich, J. 1987. Basic nutrition and phytotoxicity caused by arsenic and lead. Part II. *Agriculture* 33(10):907–919.
- Leibig, G.F., Jr. 1966. Arsenic. Chapitre II: Diagnostic criteria for plants.
- Mushak, P. 1985. Potential impact of acidic precipitation on arsenic and selenium. *Environ. Health Perspect.* 63:105–113.
- Woolson, E.A. 1973. Arsenic phytotoxicity and uptake in six vegetable crops. *Weed Sci.* 21:524–527.
- . 1983. Emissions, cycling and effects of arsenic in soil ecosystems. *Top. Environ. Health* 6:51–139.
- Woolson, E.A., J. H. Axley et P.C. Kearney. 1971. The chemistry and phytotoxicity of arsenic in soils: I. Contaminated field soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35.

Comment citer ce document :

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 1999. *Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection des utilisations de l'eau à des fins agricoles — arsenic*, dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, 1999, Winnipeg, le Conseil.

Pour les questions de nature scientifique, veuillez contacter :

Environnement Canada
Division des recommandations et des normes
351, boul. St-Joseph
Hull (Québec) K1A 0H3
Téléphone : (819) 953-1550
Télécopieur : (819) 953-0461
Courrier électronique : ceqg-rcqe@ec.gc.ca
Adresse Internet : <http://www.ec.gc.ca>

Pour obtenir d'autres exemplaires de ce document, veuillez contacter :

Documents du CCME
a/s de Publications officielles du Manitoba
200, rue Vaughan
Winnipeg (Manitoba) R3C 1T5
Téléphone : (204) 945-4664
Télécopieur : (204) 945-7172
Courrier électronique : sppcme@chc.gov.mb.ca