



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

SULFOLANE

Ce feuillet d'information présente les recommandations canadiennes pour la qualité des eaux concernant le sulfolane en vue de la protection des utilisations agricoles de l'eau (tableau 1). Un document scientifique plus élaboré, soutenant les recommandations présentées ici, est également disponible (Environnement Canada, 2005).

Information générale

Le sulfolane ($C_4H_8SO_2$; CAS 126-33-0) est un solvant servant au traitement des gaz dans différents procédés industriels. Il est connu sous divers synonymes et appellations commerciales, notamment 2,3,4,5-tétrahydrothiophène-1,1-dioxyde, 1,1-dioxyde de tétrahydrothiophène, tétraméthylènesulfone et bondelane A. Il présente une masse molaire de $120,17\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$, une masse volumique de $1,276\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ à 15°C , une hydrosolubilité de $1\ 266\ 000\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ à 20°C , un K_{oe} de 0,07, un K_d moyen dans l'aquifère de $0,08\text{ L}\cdot\text{kg}^{-1}$, une tension de vapeur à 20°C de $1,33 \times 10^{-3}\text{ kPa}$ et une constante de la loi de Henry de $8,9 \times 10^{-10}\text{ atm}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$.

La production mondiale totale de sulfolane est évaluée entre 18 000 et 36 000 tonnes par année. Dans le commerce, il est vendu sous forme de sulfolane anhydre et sous forme de sulfolane contenant 3 % d'eau déionisée.

L'utilisation du sulfolane est très répandue dans les procédés de traitement des gaz, dont l'adoucissement du gaz sulfureux, l'élimination du séléniure d'hydrogène dans la gazéification du charbon, des schistes ou des sables bitumineux; la séparation des oléfines et des alcanes; l'élimination de l'azote, de l'hélium et de l'argon dans le gaz naturel; l'élimination du CO_2 atmosphérique dans les sous-marins nucléaires; l'élimination de l'ammoniac et du H_2S des effluents; et l'élimination du H_2S , du chlorure d'hydrogène (HCl), de l'oxyde nitreux (N_2O) et du CO_2 de divers effluents. En plus de servir dans le traitement des gaz, le sulfolane est également utilisé comme solvant des polymères, plastifiant ajouté aux polymères, solvant de polymérisation et dans des applications électroniques ou électriques (Kirk-Othmer, 1999).

Les rapports portant sur la présence de sulfolane d'origine anthropique se limitent aux données recueillies à proximité des usines de traitement de gaz sulfureux dans l'Ouest canadien (ACPP, 1997; Wrubleski et Drury, 1997). Les concentrations maximales de sulfolane mesurées dans les eaux souterraines étaient de $800\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ dans un till peu Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2005

profond et de $88\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ dans le substratum rocheux. La seule étude faisant mention de la présence de sulfolane naturel dans l'environnement portait sur un échantillon composite d'une éponge (*Batzella*) et d'un tunicier (*Lissoclinum*) contenant environ $50\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (poids sec) de sulfolane (Barrow et Capon, 1992).

Devenir et comportement dans l'environnement

Des études en laboratoire ont démontré que les principaux processus physico-chimiques qui déterminent le transport et la répartition du sulfolane dans le sol et l'eau sont l'adsorption et la lixiviation. Le sulfolane est peu adsorbé au sol et il présente une hydrosolubilité élevée et une volatilité faible. La mobilité du sulfolane dans la sous-surface est élevée.

La sorption du sulfolane aux particules du sol est faible, l'intégration du sulfolane s'effectuant préféablement dans les eaux de porosité (Luther et coll., 1998). L'hydrosolubilité élevée du sulfolane, conjuguée aux faibles K_{oe} et K_d , rend possible la présence de concentrations élevées de sulfolane dans les eaux de porosité du sol. La volatilisation du sulfolane est minimale, car il présente une constante de la loi de Henry peu élevée.

La biodégradation du sulfolane a été examinée dans un système de boues d'épuration activées, dans le traitement des eaux usées, en microcosme de laboratoire au moyen de sédiments provenant d'aquifères contaminés ainsi que dans le cadre d'une étude sur l'atténuation naturelle en milieux humides naturels. La plupart des études ont permis de constater que le sulfolane est biodégradé en conditions aérobies dans des microcosmes enrichis d'éléments nutritifs provenant de divers échantillons prélevés dans l'environnement et contaminés par le sulfolane (Fedorak et Coy, 1996). Les résultats d'études menées en microcosme et sur le terrain indiquent que, dans des conditions propres aux eaux souterraines (conditions aérobies ou anaérobies, mais concentrations très faibles d'éléments nutritifs, en particulier de phosphate), la dégradation du sulfolane peut être très lente, voire nulle. Cependant, dans des conditions propres aux eaux de surface (conditions aérobies, concentrations suffisantes d'éléments nutritifs), les données montrent que la dégradation du sulfolane peut être relativement rapide, une élimination complète étant observée au bout de 5 à 11 semaines (Environnement Canada, 2005).

Tableau 1. Recommandations pour la qualité des eaux établies pour le sulfolane aux fins de la protection des utilisations agricoles de l'eau (Environnement Canada, 2005).

Utilisation	Recommandation (mg·L ⁻¹)
Eau d'irrigation	0,5 ^a
Eau d'abreuvement du bétail	Néant ^b

^aRecommandation provisoire.

^bAucune recommandation n'a été établie.

L'absorption du sulfolane par la végétation des milieux humides a été étudiée dans le cadre d'un programme de recherche visant à évaluer les processus d'atténuation naturelle dans les milieux humides contaminés (ACPP, 1998, 1999, 2000). L'étude portait sur les racines, les tiges, les feuilles, les capitules de fleurs, les capitules de graines et les baies de prèle des champs, de cornouiller, de carex, de calamagrostis du Canada, de berce laineuse et de brome inerme qui poussent dans des milieux humides contaminés par le sulfolane (ACPP, 1999, 2000; Headley et coll., 1999a,b). Les résultats de l'analyse font état d'une grande variation des concentrations de sulfolane entre les différentes parties d'une même espèce végétale (p. ex., entre les racines et les feuilles), entre différentes espèces végétales (p. ex., entre les feuilles de prèle des champs et celles de carex) voire entre différents échantillons de la même partie d'une espèce donnée. La concentration maximale de sulfolane mesurée dans l'eau du milieu humide à l'étude était de 185 mg·L⁻¹, tandis que des concentrations de sulfolane allant jusqu'à 256 mg·kg⁻¹ ont été mesurées dans les plantes.

Élaboration des recommandations pour la qualité des eaux

La recommandation canadienne provisoire pour la qualité des eaux établie pour le sulfolane concernant l'eau d'irrigation a été élaborée selon le protocole du CCME (CCME, 1999). Des recommandations ont été calculées pour : 1) les céréales, le foin cultivé et les cultures de pâture; 2) d'autres cultures.

Eau d'irrigation

La recommandation canadienne pour la qualité des eaux établie pour le sulfolane concernant l'eau d'irrigation a été élaborée selon le protocole du CCME (CCME, 1999). Des recommandations visant l'eau d'irrigation ont été calculées pour 1) les céréales, le foin cultivé et les cultures de pâture; 2) les autres cultures.

Des données sur deux espèces de foin cultivé et de cultures de pâture, soit la luzerne (*Medicago sativa*) et la phléole des prés (*Phleum pratense*), et sur deux autres cultures,

soit la laitue (*Lactuca sativa*) et la carotte (*Daucus carota*), étaient disponibles pour quatre types de sol – limon, sol artificiel, till et sol sablonneux (ACPP, 2001). Les indicateurs utilisés comprenaient l'émergence, l'allongement des racines, l'elongation des pousses et l'augmentation de la biomasse. Ces données ont été classées parmi les données toxicologiques primaires. Les ensembles de données étaient suffisants pour élaborer des recommandations provisoires. La CMEO, corrigée en fonction des concentrations analytiques, variait entre 47 mg·kg⁻¹ pour une émergence réduite de la laitue dans un sol artificiel et 14 000 mg·kg⁻¹ pour une émergence réduite de la luzerne dans le limon.

La concentration maximale acceptable de toxiques pour une espèce (CMATE) a été calculée pour la combinaison espèce/indicateur/sol la plus sensible relativement 1) aux céréales, au foin cultivé et aux cultures de pâture; 2) aux autres cultures. La combinaison espèce/indicateur/sol qui a permis d'obtenir la plus faible CMATE était l'elongation des racines pour la laitue cultivée dans un till. La concentration acceptable dans le sol (CAS), qui est une évaluation de la concentration dans le sol n'entraînant pas d'effets néfastes sur les cultures pendant une saison de croissance, a été calculée pour cette espèce en divisant la moyenne géométrique de la CSEO (290 mg·kg⁻¹) et de la CMEO (23 mg·kg⁻¹) par un facteur d'incertitude de 10. La CAS pour la laitue était de 3 mg·kg⁻¹. La CMATE a ensuite été obtenue en multipliant la CAS pour la laitue (3 mg·kg⁻¹) par la masse volumique apparente du sol (1300 kg·m⁻³) et le volume apparent du sol sur une superficie de 1 ha à une profondeur de 0,15 m (100 m x 100 m x 0,15 m) et en divisant ensuite par le taux d'irrigation (1,2 x 10⁷ L·ha⁻¹·an⁻¹), ce qui a donné une CMATE de 0,5 mg·L⁻¹. La valeur obtenue pour la laitue 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.

Références

- ACPP (Association canadienne des producteurs pétroliers). 1997. *Evaluation of the fate of sulfolane and DIPA in the subsurface at sour gas processing plant sites*. Rapport préparé par le Department of Biological Sciences et le Department of Renewable Resources, University of Alberta, ACPP publ. n° 1997-0004.
- . 1998. *1997 investigation of hydrocarbon attenuation in natural wetlands, Vol. I et II*. Rapport non publié préparé par Komex International Ltd., Dossier n° K197-4545.
- . 1999. *1998 investigation of hydrocarbon attenuation in natural wetlands, Vol. I et II*. Rapport non publié préparé par Komex International Ltd., Dossier n° K 198-4545H.
- . 2000. *1999 investigation of hydrocarbon attenuation in natural wetlands, Vol. I et II*. Rapport non publié préparé par Komex International Ltd., Dossier n° C45450105.
- . 2001. *Soil and water quality guidelines for sulfolane and diisopropanolamine (DIPA): environmental and human health*. Rapport préparé par Komex International Limited pour l'Association

- canadienne des producteurs pétroliers.
- Barrow, R.A. et R.J. Capon. 1992. Sulfolane as a natural product from the sponge/tunicate composite, *Batzella sp./Lissoclinum sp.* *J. Nat. Prod.* 55:1330-1331.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1999. *Recommendations canadiennes pour la qualité de l'environnement*. Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg.
- Environnement Canada. 2005. Canadian Environmental Quality Guidelines for Sulfolane (Water and Soil). Scientific Supporting Document. Ecosystem Health: Science-based Solution Report No. 1-12. Bureau national des recommandations et des normes, Environnement Canada. Ottawa. (À paraître)
- Fedorak, P.M. et D.L. Coy. 1996. Biodegradation of sulfolane in soil and groundwater samples from a sour gas plant. *Environ. Technol.* 17:1093-1102.
- Greene, E.A., D.L. Coy et P.M. Fedorak. 1999. Laboratory evaluations of factors affecting biodegradation of sulfolane and diisopropanolamine. *Bioremed. J.* 3:299-313.
- Greene, E.A., L.M. Gieg, D.L. Coy et P.M. Fedorak. 1998. Sulfolane biodegradation potential in aquifer sediments at sour natural gas plant sites. *Water Res.* 32:3680-3688.
- Headley, J.V., K.M. Peru et L.C. Dickson. 1999a. Gas chromatographic-mass spectrometric determination of sulfolane in wetland vegetation exposed to sour gas-contaminated groundwater. *J. Chromatogr.* 859: 69-75.
- _____. 1999b. Ion-exchange electrospray ionization liquid chromatography mass spectrometry and tandem mass spectrometry of alkanolamines in wetland vegetation exposed to sour-gas contaminated groundwater. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 13: 730-736.
- Kirk-Othmer. 1999. *Encyclopedia of chemical technology*. 4^e éd., 1999. John Wiley and Sons.
- Luther, S.M., M.J. Dudas et P.M. Fedorak. 1998. Sorption of sulfolane and diisopropanolamine by soils, clays and aquifer materials. *J. Contam. Hydrol.* 32:159-176.
- Wrubleski, R.M. et C.R. Drury. 1997. Chemical contamination of groundwater at gas processing plants the problem. Comptes rendus du 23^e atelier sur la toxicité aquatique, du 7 au 9 octobre 1996, Calgary (Alberta), Canada. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* 0:3-4.

Comment citer ce document :

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2005. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection des utilisations de l'eau à des fins agricoles - sulfolane, dans *Recommendations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, 1999, Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg.

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/ceqg-rcqe>

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

Documents du CCME
Sans frais : 1 (800) 805-3025
www.ccme.ca

©Conseil canadien des ministres de l'environnement 2005
Extrait de la publication n° 1300; ISBN 1-896997-36-8

Also available in English.