



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

## SULFOLANE

Cette fiche d'information présente les recommandations canadiennes pour la qualité des sols s'appliquant au sulfolane en vue de la protection de l'environnement et de la santé humaine (tableau 1). On peut aussi consulter le document scientifique à l'appui (CCME, 2006).

### Informations générales

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, 2,3,4,5-tétrahydrothiophène-1,1-dioxyde, 1,1-dioxyde de tétrahydrothiophène,

tétraméthylènesulfone et bondelane A notamment. 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  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ , une hydrosolubilité de  $1\,266\,000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$  à  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , un  $\log K_{oe}$  de 0,07, un  $K_d$  moyen dans les matériaux aquifères de  $0,08 \text{ L}\cdot\text{kg}^{-1}$ , une tension de vapeur à  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  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 à entre 18 000 et 36 000 tonnes par an. Dans le commerce, il est vendu sous forme de sulfolane anhydre et sous forme de sulfolane contenant 3 % d'eau déionisée.

**Tableau 1. Recommandations pour la qualité des sols s'appliquant au sulfolane ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  de poids sec).**

	Utilisation de terrain			
	Agricole	Résidentielle/ parc	Commerciale	Industrielle
<b>Recommandation</b>	<b>0,8<sup>a</sup></b>	<b>0,8<sup>a</sup></b>	<b>0,8<sup>a</sup></b>	<b>0,8<sup>a</sup></b>
RQ <sub>SH</sub> Voie limitant la RQ <sub>SH</sub>	0,8 Vérification : nappe phréatique (eau potable)	0,8 Vérification : nappe phréatique (eau potable)	0,8 Vérification : nappe phréatique (eau potable)	0,8 Vérification : nappe phréatique (eau potable)
RQ <sub>SH</sub> provisoire Voie limitant la RQ <sub>SH</sub> provisoire	NC <sup>b</sup> ND	NC <sup>b</sup> ND	NC <sup>b</sup> ND	NC <sup>b</sup> ND
RQ <sub>E</sub> Voie limitant la RQ <sub>E</sub>	210 Contact avec le sol	210 Contact avec le sol	430 Contact avec le sol	430 Contact avec le sol
RQ <sub>E</sub> provisoire Voie limitant la RQ <sub>E</sub> provisoire	NC <sup>c</sup> ND	NC <sup>c</sup> ND	NC <sup>c</sup> ND	NC <sup>c</sup> ND
Critère provisoire de qualité des sols (CCME, 1991)	Aucune valeur	Aucune valeur	Aucune valeur	Aucune valeur

**Notes :** NC = non calculé; ND = non déterminé; RQ<sub>SH</sub> = recommandation pour la qualité des sols : santé humaine; RQ<sub>E</sub> = recommandation pour la qualité des sols : environnement.

Les recommandations présentées s'appliquent aux résultats de dosage exprimés en fonction du poids sec (c.-à-d. en mg de sulfolane par kg de poids sec de sol).

<sup>a</sup>Les données sont suffisantes et adéquates pour calculer une RQ<sub>SH</sub> et une RQ<sub>E</sub>. C'est pourquoi la recommandation pour la qualité des sols est la valeur la plus faible des deux et constitue une nouvelle recommandation entièrement intégrée pour cette utilisation de terrain, élaborée selon le projet de révision du protocole pour les sols (CCME, 2003).

<sup>b</sup>Comme les données sont suffisantes et adéquates pour calculer une RQ<sub>SH</sub> pour cette utilisation de terrain, aucune RQ<sub>SH</sub> provisoire n'est calculée.

<sup>c</sup>Comme les données sont suffisantes et adéquates pour calculer une RQ<sub>E</sub> pour cette utilisation de terrain, aucune RQ<sub>E</sub> provisoire n'est calculée.

Les recommandations de cette fiche d'information ne donnent qu'une orientation générale. Les conditions particulières à chaque lieu doivent être prises en considération dans l'utilisation des valeurs. Les recommandations peuvent être utilisées différemment selon les autorités. Les lecteurs sont priés de consulter l'autorité compétente avant d'appliquer ces valeurs.

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<sub>2</sub> atmosphérique dans les sous-marins nucléaires; l'élimination de l'ammoniac et du H<sub>2</sub>S des effluents; et l'élimination du H<sub>2</sub>S, du chlorure d'hydrogène (HCl), de l'oxyde nitreux (N<sub>2</sub>O) et du CO<sub>2</sub> de divers effluents. En plus de servir dans le traitement des gaz, le sulfolane est 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 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 mg·L<sup>-1</sup> dans un till peu profond et de 88 mg·L<sup>-1</sup> 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* sp.) et d'un tunicier (*Lissoclinum* sp.) contenant environ 50 mg·kg<sup>-1</sup> (poids sec) de sulfolane (Barrow et Capon, 1992).

### Devenir dans l'environnement et comportement

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 subsurface est élevée.

La sorption du sulfolane aux particules du sol est faible, l'intégration du sulfolane s'effectuant plutôt dans les eaux de porosité (Luther et coll., 1998). L'hydrosolubilité élevée du sulfolane, conjuguée aux faibles K<sub>oc</sub> et K<sub>d</sub>, rend possible la présence de concentrations élevées de sulfolane dans les eaux de porosité du sol. La volatilisation du sulfolane est minime, 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 à partir 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 assez rapide, une élimination complète étant observée au bout de 5 à 11 semaines (CCME, 2006).

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 terres humides contaminées (ACPP, 1998, 1999, 2000). L'étude portait sur les racines, les tiges, les feuilles, les inflorescences, les infructescences, et les baies des quenouilles, 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 prêle 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<sup>-1</sup>, tandis que des concentrations de sulfolane allant jusqu'à 256 mg·kg<sup>-1</sup> ont été mesurées dans les plantes.

### Comportement dans le biote et effets sur celui-ci

#### *Processus microbiens des sols*

Aucune étude n'a été menée dans le but précis d'évaluer l'effet du sulfolane sur la fixation de l'azote et la nitrification, le cycle du carbone ou la minéralisation de l'azote. Cependant, un certain nombre d'études sur le devenir biologique ont été réalisées en vue d'établir le taux de biodégradation du sulfolane par les bactéries indigènes des sols. Les études de Fedorak et Coy (1996) et de Kim et coll. (1999) montrent que le sulfolane est facilement

dégradé à des concentrations s'échelonnant jusqu'à 2 000 mg·L<sup>-1</sup> dans les eaux de porosité du sol.

### *Plantes terrestres*

L'ACPP (2001) a évalué la toxicité du sulfolane pour quatre espèces de plantes terrestres – laitue (*Lactuca sativa*), carotte (*Daucus carota*), luzerne (*Medicago sativa*) et phléole des prés (*Phleum pratense*) – dans quatre types de sols présentant différentes textures et teneurs en carbone organique. Les indicateurs utilisés étaient l'émergence, la biomasse, la longueur des racines et la longueur des pousses. Komex (1999) a également évalué la toxicité du sulfolane pour l'émergence des graines de laitue dans un sol artificiel. Les valeurs de la CE<sub>25</sub>, corrigées en fonction des concentrations obtenues par dosage, présentaient un écart considérable, s'échelonnant de 114 mg·kg<sup>-1</sup> pour la réduction de la biomasse de la phléole des prés dans le sable à 8 800 mg·kg<sup>-1</sup> pour l'émergence réduite de la luzerne dans le limon. De façon générale, les plantes poussant dans le till étaient les plus sensibles au sulfolane, tandis que celles poussant dans le limon étaient les moins sensibles.

### *Invertébrés terrestres*

L'ACPP (2001) a mené des tests de toxicité aiguë (mortalité) de 14 jours sur le ver de terre dans quatre types de sols présentant différentes textures et teneurs en carbone organique. Komex (1999) a aussi évalué l'indicateur de mortalité de 14 jours pour le ver de terre dans un sol artificiel. Les valeurs de la CL<sub>25</sub>, corrigées en fonction des concentrations obtenues par dosage, s'échelonnaient de 665 mg·kg<sup>-1</sup> dans le till à 4 500 mg·kg<sup>-1</sup> dans le limon. Dans l'ensemble, le sable, le till et le sol artificiel ont produit des valeurs de toxicité semblables et plus faibles d'environ un ordre de grandeur que les résultats obtenus pour le limon.

### **Effets sur la santé humaine et les animaux de laboratoire**

Le sulfolane est absorbé rapidement et facilement par les voies orale et respiratoire, mais faiblement par la voie cutanée (Andersen et coll., 1976; Ursin et coll., 1995). Andersen et coll. (1976) ont montré que le sulfolane est rapidement réparti dans tout l'organisme et que son élimination est lente, la demi-vie plasmatique variant de 3,5 à 5 heures. À faible dose, le sulfolane est facilement métabolisé par les animaux de laboratoire (Andersen et coll., 1976).

Très peu de signes de toxicité aiguë sont apparus chez le rat, la souris, le cobaye et le lapin auxquels avait été

administré du sulfolane par diverses voies. D'après les travaux de Andersen et coll. (1976), les valeurs de la DL<sub>50</sub> pour les voies orale, parentérale et sous-cutanée ne varient que faiblement entre ces quatre espèces, s'échelonnant de 1 240 à 3 500 mg·kg<sup>-1</sup> de poids corporel (pc) par jour. Les valeurs de la DL<sub>50</sub> pour la voie intraveineuse sont plus faibles, variant de 632 à 1 094 mg·kg<sup>-1</sup> de pc par jour. Peu importe la voie d'administration ou l'espèce considérée, le sulfolane a entraîné des signes de toxicité indicateurs d'une stimulation ou d'une dépression du système nerveux central (selon la dose).

Trois études ont été menées sur la toxicité chronique et subchronique du sulfolane chez des animaux de laboratoire. Andersen et coll. (1977) ont réalisé une étude de toxicité subchronique (90 jours) par inhalation sur le rat, le cobaye, le chien de race beagle et le singe-écureuil. À forte concentration, les effets toxiques observés comprenaient la leucopénie, une activité accrue de la transaminase plasmatique, des convulsions, des vomissements et la mort. À des concentrations de 20 mg·m<sup>-3</sup> ou moins, ces effets n'étaient observés chez aucune des espèces étudiées. La dose de 20 mg·m<sup>-3</sup> administrée par voie respiratoire a été retenue comme DSENO pour cette étude.

Zhu et coll. (1987) ont mené une étude de toxicité chronique de 6 mois sur le cobaye dans le cadre de laquelle des doses de 0,25, 2,5, 25 et 250 mg·kg<sup>-1</sup> de pc ont été administrées par voie orale à des sujets venant d'être sevrés. Un examen des effets pathologiques a révélé une augmentation considérable des dépôts de matières grasses dans le tissu hépatique chez les sujets ayant reçu des doses de 2,5, 25 et 250 mg·kg<sup>-1</sup> de pc. Un rétrécissement de la pulpe blanche de la rate et une diminution de la numération cellulaire de la moelle épinière ont également été notés chez ces trois groupes de sujets. Aucune modification biochimique ou pathologique n'a été observée chez les sujets ayant reçu des doses de 0,25 mg·kg<sup>-1</sup> de pc, valeur retenue comme DSENO pour cette étude.

Dans une étude de Huntingdon Life Sciences (HLS, 2001), des rats ont été abreuvés pendant 13 semaines d'eau contaminée par du sulfolane à raison de 0, 25, 100, 400 et 1 600 mg·L<sup>-1</sup>. D'après les résultats, les sujets ont bien toléré leur exposition au sulfolane, les seuls effets néfastes observés étant une néphropathie chez les mâles exposés aux deux niveaux de doses les plus élevés et une leucocytémie réduite chez les femelles exposées aux trois niveaux de doses les plus élevés. Pour les rats femelles, la DSENO a été calculée en fonction d'une leucocytémie réduite et se chiffre à 2,9 mg·kg<sup>-1</sup> de pc par jour (valeur équivalant à une concentration de sulfolane dans l'eau d'abreuvement de 25 mg·L<sup>-1</sup>).

La cancérogénicité du sulfolane chez les mammifères n'a jamais été évaluée au moyen d'essais biologiques. Celle du 3-sulfolène, composé affichant une structure apparentée, a toutefois été évaluée par le National Cancer Institute dans le cadre d'une étude par gavage sur le rat Osborne-Mendel et la souris de souche B6C3F1; les résultats étaient négatifs (NCI, 1978).

Des essais de mutagénicité et de génotoxicité ont été réalisés par Shell (1982) et Phillips (1984). Le sulfolane n'a eu aucun effet mutagène chez les bactéries et la levure, pas plus qu'il n'a entraîné d'anomalies structurelles *in vitro* telles que des aberrations chromosomiques dans les cultures primaires de cellules hépatiques de rat ou dans les cellules d'ovaires de hamster chinois. En revanche, au niveau de dose le plus élevé, une réponse positive a été obtenue dans une étude sur cellules de lymphome murin, mais aucune corrélation dose-réponse n'a été clairement établie. Compte tenu des critères décrits, les données disponibles ne permettent pas de conclure que le sulfolane est génotoxique.

Aucune étude fiable n'a été menée sur les effets à long terme du sulfolane sur la reproduction ou le développement. Des effets tératogènes ont été observés dans une étude où des souris gravides ont reçu des doses orales de 93, 280 et 840 mg·kg<sup>-1</sup> de pc. Des modifications du squelette ont été notées au niveau de dose le plus élevé (840 mg·kg<sup>-1</sup> de pc), mais non au niveau le plus faible (Zhu et coll., 1987). Cependant, comme cette dose équivaut à environ la moitié de la DL<sub>50</sub>, on ne peut déterminer avec certitude si les modifications observées constituent une véritable réponse tératogène ou proviennent simplement de l'administration de doses quasi létales aux souris gravides.

Une dose journalière admissible (DJA) pour les humains a été calculée à l'aide des résultats de l'étude de HLS (2001). En divisant la DSENO de cette étude, établie à 2,9 mg·kg<sup>-1</sup> de pc par jour chez les rates, par un facteur d'incertitude de 300 (produit des facteurs de 10 attribués respectivement aux variations intraspécifique et interspécifique et du facteur global de 3 attribué aux lacunes de la base de données et aux données de toxicité chronique obtenues par extrapolation à partir de données subchroniques), on a obtenu une DJA de 0,0097 mg·kg<sup>-1</sup> de pc par jour. L'étude de HLS (2001) a été choisie en raison des doutes quant à la qualité de l'étude de Zhu et coll. (1987) et parce que la voie d'administration utilisée dans l'étude d'Andersen et coll. (1977) s'applique moins bien au présent contexte.

## Élaboration des recommandations

Les recommandations canadiennes pour la qualité des sols (RQS) sont établies pour différentes utilisations de terrain selon la procédure décrite dans le document CCME (2003), à partir de différents récepteurs et scénarios d'exposition pour chaque utilisation de terrain (tableau 1). La méthode de calcul des recommandations pour la qualité des sols s'appliquant au sulfolane est présentée en détail dans le document CCME (2006).

### *Recommandations pour la qualité des sols : protection de l'environnement*

Les recommandations pour la qualité des sols visant la protection de l'environnement (RQS<sub>E</sub>) sont fondées sur le contact avec le sol et calculées à partir de données provenant d'études de toxicité sur les plantes et les invertébrés. En ce qui concerne les terrains à vocation agricole, des données de toxicité se rapportent à l'ingestion de sol et de nourriture par le bétail. Dans le but d'élargir le champ de protection, des vérifications sont effectuées touchant les cycles des éléments nutritifs et de l'énergie ainsi que la nappe phréatique (vie aquatique). Pour les terrains à vocation industrielle, une vérification est aussi effectuée à l'égard de la migration hors site (tableau 2). Pour chaque utilisation de terrain, la valeur la plus faible parmi les recommandations et les vérifications effectuées aux fins de la protection de l'environnement est recommandée comme RQS<sub>E</sub>.

Pour le sulfolane, la recommandation relative au contact avec le sol a été calculée à l'aide d'une distribution de la sensibilité des espèces fondée sur des données de toxicité CE<sub>25</sub> pour les plantes et les invertébrés. Le 25<sup>e</sup> centile de cette distribution a été adopté comme recommandation relative au contact avec le sol pour les terrains à vocation agricole et résidentielle/parc, tandis que le 50<sup>e</sup> centile a été adopté comme recommandation pour les terrains à vocation commerciale et industrielle. La valeur de vérification pour la nappe phréatique (vie aquatique) a été calculée en fonction du protocole du CCME (2003) et de la recommandation pour la protection de la vie aquatique d'eau douce, établie à 50 mg·L<sup>-1</sup> pour le sulfolane. Les données étaient insuffisantes pour calculer les vérifications portant sur les cycles des éléments nutritifs et de l'énergie ainsi que sur l'ingestion de sol et de nourriture. La méthode de calcul des recommandations et des valeurs de vérification est présentée en détail dans le document CCME (2006). La recommandation relative au contact avec le sol était la plus faible parmi les recommandations et les vérifications effectuées aux fins de la protection de

l'environnement et elle est donc recommandée comme RQS<sub>E</sub> pour toutes les utilisations de terrain (tableau 2).

*Recommandations pour la qualité des sols :  
protection de la santé humaine*

Les recommandations pour la qualité des sols visant la protection de la santé humaine (RQS<sub>SH</sub>) sont fondées sur des recommandations relatives à l'ingestion de sol par les humains. Des recommandations fondées sur d'autres voies d'exposition sont prises en compte dans les vérifications effectuées pour l'inhalation d'air intérieur, la migration hors site, la nappe phréatique (eau potable) ainsi que les produits agricoles, la viande et le lait.

En ce qui concerne le sulfolane, la recommandation relative à l'ingestion de sol par les humains a été calculée en fonction du protocole du CCME (2003) et de la DJA pour les humains, qui se chiffre à 0,0097 mg·kg<sup>-1</sup> de pc par jour. La recommandation portant sur la nappe phréatique (eau potable) a été calculée en fonction du protocole du CCME (2003) et de la valeur-guide établie pour les sources d'eau souterraine de 0,09 mg·L<sup>-1</sup> (CCME, 2006). Les données étaient insuffisantes pour calculer la vérification portant sur les produits agricoles, la viande et le lait; la vérification pour l'inhalation d'air intérieur n'a pas été calculée en raison du faible degré de volatilité et de la faible constante de la loi de Henry du sulfolane. Le calcul des recommandations et des valeurs de vérification est présenté en détail dans le document CCME (2006). La vérification portant sur la nappe phréatique (eau potable) représente la valeur la plus faible parmi les recommandations calculées et elle est donc recommandée comme RQS<sub>SH</sub>.

*Recommandations pour la qualité des sols  
s'appliquant au sulfolane*

La RQS s'appliquant au sulfolane correspond à la valeur la plus faible parmi les RQS<sub>SH</sub> et les RQS<sub>E</sub> calculées pour chaque utilisation de terrain. Pour l'ensemble des utilisations de terrain, la RQS est la concentration dans le sol calculée pour la RQS<sub>SH</sub>, laquelle est fondée sur la protection de la nappe phréatique pour l'eau potable (tableau 1). Comme il existe suffisamment de données pour calculer une RQS<sub>SH</sub> et une RQS<sub>E</sub> pour chaque utilisation de terrain, la RQS représente une nouvelle recommandation entièrement intégrée, élaborée selon le projet de révision du protocole pour les sols (CCME, 2003). Il n'y avait pas de recommandation provisoire pour le sulfolane dans le document CCME (1991). Le document CCME (1996) fournit des conseils sur les modifications pouvant être apportées aux recommandations définitives

pour la qualité des sols au moment d'établir des objectifs adaptés à des lieux particuliers.

**Bibliographie**

- 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 établi par les départements des sciences biologiques et des ressources renouvelables, Université de l'Alberta. Publ. de l'ACPP n° 1997-0004. Avril 1997.
- . 1998. 1997 investigation of hydrocarbon attenuation in natural wetlands, Vol. I et II. Rapport inédit établi par Komex International Ltd., dossier n° K197-4545.
- . 1999. 1998 investigation of hydrocarbon attenuation in natural wetlands, Vol. I et II. Rapport inédit établi par Komex International Ltd., dossier n° K198-4545H.
- . 2000. 1999 investigation of hydrocarbon attenuation in natural wetlands, Vol. I et II. Rapport inédit établi par Komex International Ltd., dossier n° C45450105.
- . 2001. Soil and water quality guidelines for sulfolane and diisopropanolamine (DIPA): environmental and human health. Rapport établi par Komex International Ltd. pour l'Association canadienne des producteurs pétroliers.
- Andersen, M.E., R.A. Jones, L. Kurlansik, R.G. Mehl et L.J. Jenkins Jr. 1976. Sulfolane-induced convulsions in rodents. Research Communications in Chemical Pathology and Pharmacology. 15:571-580.
- Andersen, M.E., R.A. Jones, R.G. Mehl, T.A. Hill, L. Kurlansik et L.J. Jenkins Jr. 1977. The inhalation toxicity of sulfolane (tetrahydrothiophene-1,1-dioxide). Toxicology and Applied Pharmacology. 40:463-472.
- Barrow, R.A. et R.J. Capon. 1992. Sulfolane as a natural product from the sponge/tunicate composite, *Batzella* sp./*Lissoclinum* sp. J. Nat. Produc. 55:1330-1331.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1991. Critères provisoires canadiens de qualité environnementale pour les lieux contaminés. Rapport CCME EPC-CS34, septembre 1991.
- . 1996. 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. Publ. n° 1198.
- . 2003. Protocole d'élaboration de recommandations pour la qualité des sols en fonction de l'environnement et de la santé humaine. Publ. n°1332. Version provisoire.
- . 2006. Canadian Environmental Quality Guidelines for Sulfolane (Water and Soil). Scientific Supporting Document. Prepared for the Canadian Council of Ministers of the Environment, Winnipeg. (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.
- 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.
- HLS (Huntingdon Life Sciences). 2001. Sulfolane toxicity study by oral administration via the drinking water pathway to CD rats for 13 weeks. Huntingdon Life Sciences Ltd. Huntingdon, Angleterre.
- Kim, C.G., W.P. Clarke et D.J. Lockington. 1999. Feasibility test of biological degradation of heterocyclic sulfur compounds in anaerobic state. J. Environ. Sci. Health. A34:899-918.

**Tableau 2. Recommandations pour la qualité des sols et résultats des calculs de vérification s'appliquant au sulfolane (mg·kg<sup>-1</sup> de poids sec).**

Recommandation	Utilisation de terrain			
	Agricole	Résidentielle/ parc	Commerciale	Industrielle
	0,8 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>	0,8 <sup>a</sup>
Recommandations pour la protection de la santé humaine/résultats des calculs de vérification				
<b>RQS<sub>SH</sub></b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>	<b>0,8</b>
Recommandation relative à l'ingestion de sol	660	660	2 400	41 000
Vérification : inhalation de l'air intérieur	NC	NC	NC	NC
Vérification : migration hors site	—	—	—	9 000
Vérification : nappe phréatique (eau potable)	0,8 <sup>b</sup>	0,8 <sup>b</sup>	0,8 <sup>b</sup>	0,8 <sup>b</sup>
Vérification : produits agricoles, viande et lait	NC	NC	—	—
Recommandations pour la protection de l'environnement/résultats des calculs de vérification				
<b>RQS<sub>E</sub></b>	<b>210</b>	<b>210</b>	<b>430</b>	<b>430</b>
Recommandation relative au contact avec le sol	210	210	430	430
Recommandation relative à l'ingestion de sol et de nourriture	NC <sup>c</sup>	—	—	—
Vérification : cycle des éléments nutritifs et de l'énergie	NC <sup>c</sup>	NC <sup>c</sup>	NC <sup>c</sup>	NC <sup>c</sup>
Vérification : migration hors site	—	—	—	3 000
Vérification : nappe phréatique (vie aquatique)	450	450	450	450
Critère provisoire de qualité des sols (CCME, 1991)	Aucune valeur	Aucune valeur	Aucune valeur	Aucune valeur

**Notes :** NC = non calculé; ND = non déterminé; ID = indisponible; RQS<sub>E</sub> = recommandation pour la qualité des sols : environnement; RQS<sub>SH</sub> = recommandation pour la qualité des sols : santé humaine. Le tiret indique une recommandation ou un résultat qui ne font pas partie du scénario d'exposition pour cette utilisation de terrain et qui, par conséquent, ne sont pas calculés.

<sup>a</sup>Les données sont suffisantes et adéquates pour calculer une RQS<sub>SH</sub> et une RQS<sub>E</sub>. C'est pourquoi la recommandation pour la qualité des sols est la valeur la plus faible des deux et constitue une nouvelle recommandation entièrement intégrée pour cette utilisation de terrain, élaborée selon le protocole pour les sols (CCME, 2003).

<sup>b</sup>Le résultat de la vérification portant sur la nappe phréatique (eau potable) est la valeur la plus faible parmi les RQS<sub>SH</sub> et les valeurs de vérification.

<sup>c</sup>Les données n'étant pas suffisantes ni adéquates, cette valeur ne peut être calculée.

- Kirk-Othmer. 1999. Encyclopedia of chemical technology. Quatrième édition, 1999. John Wiley & Sons.
- Komex International Ltd. 1999. Shell Waterton Complex: Regional sulfolane and DIPA groundwater contaminant situation, status to the end of 1998. Rapport établi pour et diffusé par Shell Canada Limitée. Janvier 1999.
- Luther, S.M., M.J. Dudas et P.M. Fedorak. 1998. Sorption of sulfolane and diisopropanolamine by soils, clays and aquifer materials. Journal of Contaminant Hydrology. 32:159-176.
- NCI. 1978. Bioassay of 3-sulfolene for possible carcinogenicity. Carcinogenesis: Technical Report Series. No. 102. National Cancer Institute. Obtenu de l'Office of Toxic Substances de l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Washington, D.C.
- Phillips. 1984. Toxicity study summary regarding sulfolane. Phillips Petroleum Company. Bartlesville, OK. Obtenu de l'Office of Toxic Substances de l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Washington, D.C.
- Shell. 1982. Toxicity studies with fine chemicals: in vitro genotoxicity studies with sulfolane. Rapport du service technique SBTR.81.098.
- Sittingbourne Research Centre. Shell Research Limited, London. Obtenu de l'Office of Toxic Substances de l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Washington, D.C.
- Ursin, C., C.M. Hanson, J.W. Van Dyk, P.D. Jensen, I.J. Christensen et J. Ebbehøj. 1995. Permeability of commercial solvents through living human skin. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 56:651-660.
- Wrubleski, R.M. et C.R. Drury. 1997. Chemical contamination of groundwater at gas processing plants the problem. Comptes rendus du 23<sup>e</sup> atelier sur la toxicité aquatique, 7 au 9 octobre 1996. Calgary (Alberta), Canada. Rapport technique canadien des sciences halieutiques et aquatiques. 0:3-4.
- Zhu, Z.H., M.L. Sun, Z.S. Li, Z.C. Yang, T.B. Zhang, Z.C. Heng, B.L. Xiao, Q.Y. Li, Q.Y. Peng et Y.H. Dong. 1987. An investigation of the maximum allowable concentration of sulfolane in surface water (chinois). Journal of West China University Medical Society [Hua Hsi I Ko Ta Hsueh Hsueh Pao]. 18:376-380.

## Comment citer ce document :

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2006. Recommandations canadiennes pour la qualité des sols : protection de l'environnement et de la santé humaine – sulfolane (2006), dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, 1999, Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg.

Prrière d'adresser les questions de nature scientifique à :

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

Pour obtenir d'autres exemplaires du document, prière d'en faire la demande à :

Documents du CCME  
N° de tél. sans frais : (800) 805-3025  
Adresse Internet : <http://www.ccme.ca>