



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

PROPYLÈNE GLYCOL

Cette fiche d'information résume une étude menée par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité du sol (GTRQS) sur les répercussions des rejets de propylène glycol (PG) dans les sols au Canada. À la suite d'une étude sur les rejets, le devenir et les effets du PG dans les sols, le GTRQS a décidé de ne pas poursuivre l'élaboration de recommandations sur la qualité des sols pour le moment. Néanmoins, les rejets de PG dans l'environnement peuvent présenter des risques graves pour les réserves d'eau souterraine et la vie aquatique dans les plans d'eau de surface en raison de la demande biochimique d'oxygène (DBO) élevée qui est associée à la décomposition microbienne rapide du PG. Cette DBO élevée peut à son tour diminuer les concentrations en oxygène et les conditions d'oxydoréduction des eaux superficielles et souterraines, et entraîner un grand nombre d'effets secondaires sur la géochimie, la productivité microbienne et la viabilité de la vie aquatique. Les rejets de PG peuvent être contrôlés en partie en respectant les recommandations canadiennes pour la qualité des eaux en vue de la protection de la vie aquatique visant le propylène glycol (CCME, 1999). L'utilisation de fluides de dégivrage pour aéronef constitue l'une des plus grandes sources de rejets de PG dans l'environnement. Outre les enjeux liés aux rejets de PG, les responsables des opérations de dégivrage doivent être conscients des risques environnementaux associés aux autres additifs qui entrent dans les solutions de dégivrage commerciales, notamment les triazols inhibiteurs de corrosion et les alkylphénols éthoxylés (dont les éthoxylates de nonylphénol), qui peuvent être ajoutés comme surfactants.

Cette fiche d'information résume les propriétés chimiques et physiques du PG, ses applications au Canada, son devenir environnemental et sa toxicité, de même que les motifs justifiant la décision de ne pas poursuivre l'élaboration de recommandations sur la qualité des sols en ce moment. Elle accompagne le document préliminaire sur le sujet (*Canadian soil quality guidelines for propylene glycol: environmental and human health – Preliminary discussion document*, CCME, 2004).

Renseignements généraux

Le propylène glycol (PG) ($C_3H_8O_2$; CAS 57-55-6) appartient à un groupe de composés organiques appelés

Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement
Conseil canadien des ministres de l'environnement, 2006

alcools dihydriques ou aliphatiques, caractérisés par la présence de deux groupements fonctionnels hydroxylés (OH) liés à des sous-unités méthyle dans la chaîne aliphatique. Le PG est un liquide limpide, visqueux, insipide et inodore. Ses points de fusion et d'ébullition se situent respectivement à $-59\text{ }^{\circ}\text{C}$ et à $188,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ (USFDA, 2003). Le PG a une faible pression de vapeur de $0,07\text{ mm Hg}$ à $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, et une faible constante de la loi d'Henry de $1,7 \times 10^{-7}\text{ atm}\cdot\text{m}^3\cdot\text{mol}^{-1}$. Il s'agit donc d'un liquide relativement non volatil. Le PG est très miscible avec l'eau, et son coefficient de partage octanol/eau est de $-0,92$. Par conséquent, on n'envisage pas une importante bioaccumulation liée au transfert dans des lipides biologiques.

Nombre de propriétés chimiques du PG sont similaires à celles de l'éthylène glycol. Toutefois, le degré de toxicité de ces deux substances diffère pour les mammifères; le PG est en effet beaucoup moins toxique que l'éthylène glycol. À ce titre, le PG ne figure pas dans l'Inventaire national des rejets de polluants du Canada, ni dans l'Inventaire des rejets toxiques aux États-Unis. Par conséquent, il existe peu de données sur les rejets de PG dans l'environnement. Depuis 1992, on ne retrouve plus de fabricants de PG au Canada.

On peut imputer à deux grands secteurs près de 80 % de l'utilisation totale de PG au Canada. Il s'agit de l'industrie des résines de polyester et du secteur des produits de consommation (aliments, cosmétiques et tabac). Les autres industries responsables des rejets de PG, que l'on qualifie de « diverses », fabriquent de la peinture, de l'antigel et des aliments pour animaux. On a observé une augmentation notable de la quantité de PG utilisée dans la production d'antigel et de fluides de dégivrage et d'antigivrage pour aéronef (FDAA), et ce, en partie à cause des préoccupations de nature environnementale et toxicologique suscitées par l'éthylène glycol. Dans la plupart des cas, les glycols utilisés dans les FDAA finissent par se retrouver dans les égouts municipaux ou les réseaux pluviaux.

**Aucune recommandation canadienne pour la
qualité des sols n'a été émise à ce jour au sujet du
propylène glycol.**

Devenir et comportement dans l'environnement

Sols

Parmi les constituants du sol qui influent sur le devenir et le comportement du PG dans le milieu terrestre, on retrouve le pH, la matière organique, la teneur en argile, le pouvoir d'échange cationique, l'aération et la texture. Le partage dans les eaux superficielles et souterraines est le principal processus qui détermine la mobilité et la distribution du PG dans le milieu terrestre, parce que le PG est hautement hydrosoluble, et parce que sa biodégradation et sa photolyse sont rapides. Les processus de volatilisation et de sorption dans les sols ont peu d'effets sur le devenir environnemental du PG.

En raison de la biodégradation, on estime que la demi-vie du PG dans les sols est équivalente ou inférieure à sa demi-vie dans l'eau (d'un à cinq jours). Toutefois, les vitesses de dégradation varient en fonction des propriétés des sols, de la température et d'autres conditions environnementales. L'ATSDR (1997) estime, en supposant une cinétique de premier ordre, que la demi-vie du PG dans l'eau est d'un à quatre jours dans des conditions aérobies, et de trois à cinq jours dans des conditions anaérobies. La température du sol peut avoir un effet considérable sur la vitesse de biodégradation du PG. Il n'existe aucune donnée obtenue sur le terrain au sujet des concentrations de PG dans les sols.

Eau

Le propylène glycol est hautement hydrosoluble et facilement métabolisé par les microbes et les organismes supérieurs lorsqu'il est rejeté dans l'environnement. Le processus de biodégradation requiert de l'oxygène. Par conséquent, un rejet de glycol peut avoir des répercussions négatives sur les concentrations d'oxygène dissous (OD) dans les eaux réceptrices. L'étude réalisée par Bielefeldt et coll. (2002), qui visait les effets secondaires de l'introduction de PG dans le sol sur l'écoulement souterrain, faisait appel à des colonnes de sable saturées de 15 cm. On a découvert que la biodégradation rapide du propylène glycol s'accompagnait d'une diminution de la conductivité hydraulique en milieu saturé d'un à trois ordres de grandeur, résultant vraisemblablement de l'accumulation de biomasse bactérienne autour des particules de sol.

Atmosphère

Il ne semble pas que le PG puisse se volatiliser facilement dans l'atmosphère à partir de l'eau en raison de sa grande

solubilité et de sa faible pression de vapeur. S'il est libéré dans l'atmosphère dans des périodes de température élevée, le PG ne sera essentiellement présent qu'en phase gazeuse, et il subira un processus rapide d'oxydation photochimique. On estime que la demi-vie de cette réaction est de 20 à 32 heures.

Comportement et effets dans le biote

Mammifères

De nombreuses études ont été menées au sujet des effets toxiques du PG sur les mammifères; les lecteurs intéressés sont invités à consulter les données compilées par l'OMS (1994), l'ATSDR (1997) et le NTP (2004). Ces recherches portaient principalement sur l'utilisation du PG dans les aliments, les cosmétiques et les produits pharmaceutiques. La FDA des États-Unis a inscrit le PG sur la liste des additifs alimentaires dits *GRAS* (généralement reconnus comme étant sécuritaires). Les études sur le dosage admissible pour les mammifères, effectuées sur des générations multiples de souris suisses, ne révèlent aucun effet sur la fertilité et la reproduction jusqu'à une concentration de 10 000 mg·kg⁻¹·jour⁻¹ de PG (USDA, 2002). Les principaux métabolites du PG sont le D-lactate, le glucose et le CO₂. Comme l'éthylène glycol, le PG provoque une acidose du fait de sa conversion en acide lactique et en acide pyruvique. Toutefois, l'acidose provoquée par le PG n'est pas aussi grave que celle causée par l'éthylène glycol.

Vie aquatique

Même si la toxicité directe du propylène glycol est relativement faible, ses effets indirects sur la vie aquatique sont courants aux points de rejet. Le processus de biodégradation des glycols peut nécessiter de l'oxygène (quoique la biodégradation anaérobie soit aussi potentiellement rapide), et la toxicité pour le milieu aquatique peut s'intensifier avec les conditions anaérobies qui apparaissent pendant les périodes de réchauffement de l'eau. Il est important de noter que les fluides de dégivrage et d'antigivrage pour aéronefs (FDAA) sont dilués dans l'eau et que leur demande biologique en oxygène sera conséquemment moins élevée que dans le cas des glycols purs.

Les données recueillies sur les effets toxiques du PG pour l'environnement proviennent principalement d'études réalisées en milieu dulcicole ou marin portant sur des espèces aquatiques. Les études réalisées en laboratoire par Price et coll. (1974) portaient sur l'artémia, exposée au PG dans l'eau salée pendant 24 heures; la concentration

létale médiane observée était supérieure à $1,0 \times 10^4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$. Bridié et coll. (1979) ont aussi effectué des études de toxicité sur les cyprins dorés pour découvrir que la concentration létale médiane après 24 heures dépassait les $5 \times 10^3 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$.

Même si les études toxicologiques montrent généralement que l'éthylène glycol et le PG sont relativement peu toxiques dans un milieu aquatique, la toxicité des FDAA est considérablement plus élevée. Cette augmentation de la toxicité est peut-être attribuable aux additifs des FDAA, notamment les surfactants, les inhibiteurs de corrosion et les produits ignifuges. Les concentrations et compositions exactes des additifs des FDAA sont toutefois des renseignements exclusifs. Les surfactants (par exemple, les dérivés éthoxylés du nonylphénol) sont habituellement présents à raison de 0,5 % par volume dans les FDAA. Le pourcentage des inhibiteurs de la corrosion et des produits ignifuges (comme le tolyltriazole) peut atteindre jusqu'à 0,5 % par volume dans les FDAA. On a découvert que les dérivés éthoxylés du nonylphénol génèrent un perturbateur endocrinien connu au moment de la dégradation (nonylphénol hydrophobe), lequel pourrait interférer avec la reproduction et la croissance des organismes aquatiques et des humains. Il existe des recommandations canadiennes sur la protection de l'environnement pour le nonylphénol et ses dérivés éthoxylés (CCME, 2002; Environnement Canada, 2002).

Biote du sol

Il existe quelques études sur la toxicité du PG pour les plantes terrestres, et notamment pour la laitue (*Lactuca sativa*). Les résultats obtenus par Pillard et Dufresne (1999) vont dans le même sens que ceux des études antérieures réalisées par Reynolds (1977). Reynolds a mesuré une concentration efficace médiane de $50\,540 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ dans la laitue au stade de germination, ce qui est très semblable à la concentration inhibitrice médiane de $49\,330 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ mesurée par Pillard et Dufresne au stade d'émergence. Pillard et Dufresne (1999) ont également mesuré les paramètres de la concentration sans effet observé (CSEO) et de la concentration minimale avec effet observé (CMEO) au stade d'émergence des semis de la laitue et du ray-grass vivace (*Lolium perenne*). Ils ont obtenu respectivement pour les concentrations dans les sols des valeurs de $4\,500$ et $15\,000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ pour la laitue, et de $15\,000$ et $50\,000 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ pour le ray-grass (Pillard et Dufresne, 1999). Une autre étude réalisée par Hulzebos (1993), qui portait sur les effets aigus (entre 7 et 14 jours) du propylène glycol sur la biomasse d'une population de *Lactuca sativa*, a établi à plus de $1\,000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ la

concentration efficace médiane dans les sols.

La plupart des données sur la toxicité du PG pour les plantes ne sont malheureusement pas très utiles dans la définition de seuils acceptables pour la protection des sols et de l'environnement. Elles sont tirées d'études portant sur une exposition dans un milieu liquide, et non sur une exposition à des échantillons de sol enrichis ou prélevés sur le terrain. Selon les données existantes, aucune étude n'a encore été réalisée sur la toxicité du PG pour les invertébrés édaphiques.

Élaboration des recommandations

Les recommandations canadiennes pour la qualité des sols sont élaborées pour différentes utilisations des terrains selon la procédure définie par le CCME (1996) sur la base de différents récepteurs et scénarios d'exposition pour chaque utilisation des terrains.

Recommandations pour la qualité des sols en fonction de l'environnement

Les recommandations canadiennes pour la qualité des sols en fonction de l'environnement (RQS_E) sont fondées sur le contact avec le sol et tirent parti des résultats d'études de toxicité pour les plantes et les invertébrés. Pour les terrains à vocation agricole, on tient compte des données de toxicité relatives à l'ingestion de sol et de nourriture par les mammifères et les oiseaux. Pour élargir la protection, on effectue aussi une vérification du cycle des nutriments et de l'énergie. Pour les terrains à vocation industrielle, on vérifie en outre les paramètres de migration hors-site.

On ne dispose de données sur la toxicité du PG dans les sols que pour une seule espèce végétale (la laitue); aucun invertébré édaphique n'a été étudié à cet égard. Faute de données, il est impossible pour le moment d'établir des recommandations provisoires pour la qualité des sols en fonction du contact direct avec le sol ($RPQS_{CS}$).

La vérification portant sur l'eau souterraine a servi à calculer le seuil de concentration de PG dans le sol qui permet de protéger le biote dulcicole associé à l'alimentation des eaux de surface par la nappe souterraine. Compte tenu des connaissances actuelles sur le devenir et le comportement du PG dans l'environnement, l'élaboration des recommandations pour la qualité des sols en fonction de l'environnement tient compte des résultats de cette vérification visant l'eau souterraine. Selon les calculs provisoires, la valeur RQS_{VA} fondée sur le modèle de l'eau souterraine et sur

les hypothèses génériques (CCME, 2003) était de 6 210 mg·kg⁻¹. Il est important de noter que la recommandation pour la qualité de l'eau dont est tirée la valeur RQS_{VA} ne tient pas compte des problèmes éventuels associés à la raréfaction de l'oxygène causée par la dégradation du propylène glycol.

Recommandations pour la qualité des sols en fonction de la santé humaine

Santé Canada n'a pas encore défini de dose journalière admissible (DJA) pour le propylène glycol. L'Organisation mondiale de la santé a toutefois défini une DJA de 25 mg·kg⁻¹ de masse corporelle par jour. On a utilisé les hypothèses prudentes sur l'exposition pour élaborer une recommandation provisoire pour la qualité des sols en fonction de la santé humaine (RQS_{SH}). On a conclu que des concentrations de propylène glycol supérieures à 100 % p/p de la concentration dans le sol n'entraîneraient pas de risques inacceptables pour la santé humaine. Par conséquent, il n'existe aucune recommandation ni paramètre de vérification relativement à la santé humaine pour le moment.

Conclusion

Les connaissances scientifiques actuelles sur les propriétés toxicologiques du PG et l'exposition des humains et des mammifères sont suffisantes. Toute recommandation pour la qualité des sols tiendra vraisemblablement compte du fait que le PG est inscrit sur la liste des additifs alimentaires GRAS (généralement reconnus comme étant sécuritaires).

Les connaissances scientifiques actuelles sur les propriétés toxicologiques du PG et ses effets sur les milieux aquatiques sont suffisantes. C'est à partir de ces connaissances qu'ont été élaborées les recommandations canadiennes actuelles sur le PG pour la qualité des eaux et la protection de la vie en milieu dulcicole. L'estimation du coefficient de partage sol/eau souterraine, K_D, (et le transfert vers les plans d'eau de surface) à partir du K_{OC} estimé n'est toutefois pas aussi précise que d'autres méthodes de calcul, ce qui pourrait limiter la précision des prévisions associées au modèle de l'eau souterraine. De plus, ces prévisions sont très sensibles aux hypothèses sur les demi-vies dans la zone vadose et dans la zone saturée, dans des conditions oxygènes ou anoxiques.

Il n'existe pas suffisamment de données scientifiques concernant les effets toxicologiques du PG sur les plantes ou les animaux terrestres. Par conséquent, l'élaboration des recommandations pour la qualité des sols en fonction

de l'environnement (RQS_E) ne peut être entreprise pour le moment.

Nous ne disposons pas de données suffisantes relativement aux effets du PG sur les processus microbiens et fongiques dans les sols, lesquels peuvent avoir des effets sur les cycles du carbone, de l'azote, du phosphore et d'autres macronutriments dans les écosystèmes édaphiques. Il est clair que les rejets de PG ont un effet stimulant sur la productivité secondaire des bactéries hétérotrophes dans les sols, et que le PG peut être utilisé par les microbes comme une source unique, privilégiée et très accessible de carbone. Les effets secondaires sur d'autres processus microbiens dans les sols n'ont toutefois pas fait l'objet de recherches exhaustives. De plus, notre compréhension actuelle des facteurs qui influent sur l'activité microbienne aux points de rejet des FDAA ne permet pas d'élaborer des modèles prédictifs fiables.

Références

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR), 1997. Toxicological profile for ethylene glycol and propylene glycol. 287 pp. www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp96.pdf

Bielefeldt, A.R., T. Illangasekareb, M. Uttecht and R. LaPlante, 2002. Biodegradation of propylene glycol and associated hydrodynamic effects in sand. *Water Research* 36: 1707–1714.

Bridié A., C.J.M. Wolff and M. Winter. 1979. The acute toxicity of some petrochemicals to goldfish. *Water Res.* 13(7):623-626.

CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1996. Protocole d'élaboration de recommandations pour la qualité des sols en fonction de l'environnement et de la santé humaine, CCME, Winnipeg. [On trouvera un Résumé du protocole dans les *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, chapitre 7, Conseil canadien des ministres de l'environnement, 1999, Winnipeg]

———. 1999. *Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique : glycols, éthylène glycol, propylène glycol et diéthylène glycol*. Dans : *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, 1999, Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg.

———. 2002. *Recommandations pour la qualité des sols en fonction de l'environnement et de la santé humaine : nonylphénol et ses dérivés éthoxylés*. Dans : *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, 1999, Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg.

———. 2003. Protocole d'élaboration de recommandations pour la qualité des sols en fonction de l'environnement et de la santé humaine. 205 pp. Ébauche.

———. 2004. *Canadian soil quality guidelines for propylene glycol: environmental and human health*. Document provisoire préparé par Doug Bright, UMA Engineering Ltd. pour le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité du sol du CCME. Décembre 2004.

Environment Canada. 2002. *Canadian environmental quality guidelines for nonylphenol and its ethoxylates (Water, Sediment, and Soil)*. Scientific Supporting Document. Ecosystem Health: Science-based Solutions Report No. 1-3. National Guidelines and Standards Office, Environmental Quality Branch, Environment Canada, Ottawa.

- Hulzebos, E.M., D.M.M. Adema, E.M. Dirven-van Breemen, L. Henzen, W.A. van Dis, H.A. Herbold, J.A. Hoekstra, R. Baerselman and C.A.M. van Gestel. 1993. Phytotoxicity studies with *Lactuca sativa* in soil and nutrient solution. *Environ. Toxicol. Chem.* 12(6): 1079-1094.
- National Toxicology Program (NTP). 2004. NTP-CERHR monograph on the potential human reproductive and developmental effects of propylene glycol. Center for the Evaluation of Risks to Human Reproduction, National Toxicology Program, U.S. Department of Health and Human Services. NIH Publication No. 04-4482.
- Pillard, D.A. and D.L. Dufresne. 1999. Toxicity of formulated glycol deicers and ethylene and propylene glycol to *Lactuca sativa*, *Lolium perenne*, *Selenastrum capricornutum*, and *Lemma minor*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 37: 29-35.
- Price K.S., G.T. Waggy and R.A. Conway. 1974. Brine shrimp bioassay and seawater BOD of petrochemicals. *J. Water Pollut. Contr. Fed.* 46(1):63-77.
- Reynolds, T. 1977. Comparative effects of aliphatic compounds on inhibition of lettuce fruit germination. *Ann. Bot.* 41:637-648.
- USDA (United States Department of Agriculture). 2002. Propylene glycol – Livestock. Technical Advisory Panel Review. Community Food and Nutrition Program. August 2002. <http://www.ams.usda.gov/nop/NationalList/TAPReviews/PropyleneGlycol.pdf> .
- United States Food and Drug Administration. 2003. Direct Food Substances Affirmed as Generally Recognized as Safe. Title 21, Volume 3, Chapter 1, Part 184, Subpart B, Sec 184.1666, May 2003. www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cfcfr/CFRSearch.cfm?FR=184.1666
- WHO (World Health Organization) 1994. Propylene glycol. Poisons Information Monograph 443. International Programme on Chemical Safety,. www.intox.org/databank/documents/chemical/propglyc/pim443.htm

Comment citer ce document :

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2006. Recommandations canadiennes pour la qualité des sols : Environnement et santé humaine — propylène glycol (2006), dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, 1999, Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg.

Pour les questions de nature scientifique, veuillez communiquer avec :

Environnement Canada
Bureau national des recommandations et des normes
351, boul. St-Joseph
Gatineau (Québec) K1A 0H3
Téléphone : (819) 953-1550
Télécopieur : (819) 956-5602
Courrier électronique : ceqg-rcqe@ec.gc.ca
Adresse Internet : <http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe>

© Conseil canadien des ministres de l'environnement 2006
Extrait de la publication n° 1300; ISBN 1-896997-36-8

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

Documents du CCME
Numéro sans frais : 1 800 805-3025
www.ccme.ca

Also available in English.