



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

PHÉNOL  
1997

Ce feuillet d'information présente les recommandations canadiennes pour la qualité des sols concernant le phénol en vue de la protection de l'environnement et de la santé humaine (tableau 1). Des documents scientifiques plus élaborés, soutenant les recommandations présentées ici, sont également disponibles (Santé Canada, 1993; Environnement Canada, 1996).

## Information générale

Le phénol ( $C_6H_6O$ ; CAS 108-95-2) est un solide cristallin de couleur qui varie entre le blanc et le rose pâle,

habituellement vendu et utilisé sous forme liquide (ATSDR, 1989; Budavari et coll., 1989). C'est un composé hydroxy-aromatique appartenant au groupe des phénols monohydriques nonchlorés. Les synonymes du phénol incluent l'acide carbolique, l'hydroxybenzène, l'oxybenzène, l'acide phénique, l'hydroxyde de phényle, l'acide phénylique et l'hydrate de phényle. Le phénol a un  $\log K_{oe}$  de 1,46, une pression de vapeur de 0,027 kPa (à 20 °C) et une solubilité dans l'eau de 87 000  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  (à 25 °C). Le phénol est principalement un produit chimique d'origine anthropique, mais qui existe à l'état naturel dans le matériel organique en décomposition, dans les déchets animaux et dans le goudron de houille (ATSDR, 1989).

Tableau 1. Recommandations pour la qualité des sols concernant le phénol ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

	Vocation du terrain			
	Agricole	Résidentielle/ parc	Commerciale	Industrielle
<b>Recommandation</b>	<b>3,8<sup>a</sup></b>	<b>3,8<sup>a</sup></b>	<b>3,8<sup>a</sup></b>	<b>3,8<sup>a</sup></b>
RQ <sub>SH</sub> Voie limitant la RQ <sub>SH</sub>	3,8 Vérification : nappe phréatique (eau potable)	3,8 Vérification : nappe phréatique (eau potable)	3,8 Vérification : nappe phréatique (eau potable)	3,8 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>	20 Contact avec le sol	20 Contact avec le sol	128 Contact avec le sol	128 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
Critères provisoires de qualité des sols (CCME, 1991)	0,1	1	10	10

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

<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 représente une nouvelle recommandation entièrement intégrée pour cette utilisation du terrain, élaborée selon la procédure décrite dans le protocole connexe (CCME, 1996a). Le critère provisoire de qualité des sols correspondant (CCME, 1991) est remplacé par la recommandation pour la qualité des sols.

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

Les recommandations de ce feuillet d'information ne donnent qu'une orientation générale. Les conditions particulières à chaque lieu doivent être prises en considération dans l'utilisation de ces valeurs. Les recommandations peuvent être utilisées différemment selon les autorités concernées. Le lecteur est prié de consulter l'autorité appropriée avant d'appliquer ces valeurs.

Le phénol est utilisé dans la production ou la fabrication d'explosifs, de coke, d'engrais, de gaz d'éclairage, de peintures et de décapants à peinture, de caoutchouc, de produits en amiante, de produits de préservation pour le bois, de résines synthétiques, de textiles, de médicaments, de préparations pharmaceutiques, de parfums, de bakélite et d'autres plastiques (Deichmann et Keplinger, 1981). Il est aussi utilisé pour faire le caprolactame qui sert à la production de nylon 6 et d'autres fibres synthétiques, et le bisphénol A qui sert à la production d'époxy et d'autres résines (ATSDR, 1989). Le phénol est utilisé comme anesthésique, antiseptique et désinfectant général. Il est présent dans un certain nombre de produits pharmaceutiques, tels les onguents, les gouttes pour les oreilles et le nez, les lotions pour les feux sauvages, l'eau dentifrice, les gargarismes, les gouttes pour les maux de dent, les crèmes analgésiques, les pastilles pour la gorge et les lotions antiseptiques (A. Karaokcu, 1994, Santé Canada, Ottawa, comm. pers.). Environ 93 % du phénol produit au Canada est utilisé dans la production de résines phénoliques qui servent comme liant dans les matériaux d'isolation, les planchettes porte-papiers, les peintures et dans les fonderies de moulage de sable (Stanford Research Institute, 1993; OMS, 1994).

En Ontario, le MEEO (1993) a déterminé que les valeurs du 98<sup>e</sup> centile des concentrations de phénol dans les sols des parcs ruraux et urbains, n'ayant pas été affectés par des sources locales ponctuelles de pollution, étaient de 14 et 27  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , respectivement. On a détecté des concentrations de phénol variant entre le niveau de fond et 26 900  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , dans des sites contaminés (Marchand, 1992; Pakdel et coll., 1992). Marchand (1992) a mesuré des concentrations de phénol non-chloré allant de 400 à 26 900  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  dans un site contaminé près d'une raffinerie de pétrole, à Montréal.

Les concentrations phénoliques totales mesurées dans les eaux de surface à travers le Canada sont généralement inférieures à 2  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ , alors que les concentrations dans la nappe phréatique varient entre 0,5 (limite de détection) et 10,000  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  (CCMRE, 1987). On a mesuré des concentrations inférieures à 100  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$  dans des échantillons d'eaux souterraines et d'eaux provenant de puits de piezomètres à l'Ile-du-Prince Édouard (CCMRE, 1987). Dans le cadre d'une étude nationale canadienne de l'eau potable, Sithole et Williams (1986) ont détecté le phénol dans 3 de 120 échantillons, à des concentrations variant entre 0,12 et 0,357  $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ .

On a mesuré des concentrations de phénol de l'ordre de 1000  $\mu\text{g}$  de phénol $\cdot\text{L}^{-1}$ , en aval d'usines chimiques et

d'usines de pâtes et papier dans le nord de l'Ontario (Santé et Bien-être social Canada, 1980; CCMRE, 1987;). Munro et coll. (1985) ont mesuré des concentrations de phénol allant de 0,001 à 10  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  dans les eaux de la rivière Sainte-Claire.

Laliberté (1990) a trouvé des niveaux de phénol variant entre <0.1 (limite de détection) et 33,3  $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  dans les échantillons de sédiments prélevés dans différentes rivières au Québec. On a aussi détecté le phénol dans les sédiments du bassin de la rivière des Outaouais à des concentrations atteignant 0,2  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Paul et Laliberté, 1987).

### Devenir dans l'environnement et comportement dans le sol

Le phénol a une pression de vapeur modérée de 0,027 kPa à 20 °C et une constante de la loi d'Henry de  $3,97 \times 10^{-7} \text{ atm}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{mole}^{-1}$ . Par conséquent, la volatilisation à partir des sols de surface devrait être rapide (OMS, 1994). Dans l'atmosphère, le phénol existe principalement en phase vapeur (Eisenreich et coll., 1981). La demi-vie estimée dans l'air varie généralement entre 4 et 5 h (OMS, 1994), mais des valeurs de 2,28 h à 22,8 h ont été rapportées dans la littérature scientifique (Howard et coll., 1991).

Dans le sol, le phénol est facilement adsorbé aux argiles, telles la montmorillonite, la kaolinite et l'illite; ce taux d'adsorption étant influencé par la capacité de sorptivité (Hemphill et Swanson, 1963; Zhang et Sparks, 1993). L'adsorption réduit le taux de biodégradation de phénol dans les sols, quoique la sorption aux surfaces argileuses soit réversible (Saltzman et Yariv, 1975; Knezovich et coll., 1988). Le phénol a de faibles valeurs de  $K_{oc}$  et  $K_{oe}$  comparé à d'autres dérivés mono-substitués du benzène; on s'attend donc à ce que l'adsorption aux matières organiques soit faible. Scott et coll. (1982) et Howard (1989) ont observé une faible adsorption et une grande mobilité du phénol dans un sol acide.

En solution, le phénol réagit comme un acide faible. En raison de son pKa élevée (9.99), le phénol ne devrait pas se dissocier dans l'environnement à des pH <9. Howard (1989) suggère que le phénol peut exister dans un état partiellement dissocié dans l'eau et dans les sols humides.

Comme le phénol est soluble dans l'eau et modérément volatile, il est très mobile dans les sols (Howard, 1989). Par conséquent, le phénol peut être lessivé facilement des sols et contaminer la nappe phréatique.

Le phénol absorbe la lumière ayant des longueurs d'onde de 290 à 330 nm et peut donc être sujet à la photo-dégradation (OMS, 1994). On a observé une réduction de 32,5 % de la concentration du composé mère de phénol lorsqu'exposé à de la radiation de longueur d'onde de 290 nm (Freitag et coll., 1985). Howard et coll. (1991) ont mesuré une demi-vie de photolyse atmosphérique variant entre 46 et 173 h. Les produits de la transformation photochimique atmosphérique du phénol comprennent les dihydroxybenzènes, les nitrophénols et plusieurs sous-produits provenant du clivage de l'anneau aromatique (OMS, 1994).

Le phénol a tendance à se biodégrader rapidement dans l'environnement (c.-à-d. entre 2 à 5 j) (Baker et Mayfield, 1980; Howard, 1989). Dans le sol, les microorganismes aérobies autant qu'anaérobies peuvent utiliser le phénol comme substrat de croissance, bien que la décomposition en conditions aérobies soit plus rapide (Scott et coll., 1982; Howard, 1989). La minéralisation complète du phénol pour produire le dioxyde de carbone (en conditions aérobies) ou le dioxyde de carbone et le méthane (en conditions anaérobies) survient lorsque les conditions environnementales sont propices (Fedorak et Hrudey, 1986; Dobbins et coll., 1987; Tschuch et Fuchs, 1987; Aquino et coll., 1988; OMS, 1994). Les produits intermédiaires du processus de biotransformation comprennent le benzoate, le catéchol, le *cis-cis*-muconate, le  $\beta$ -kétoadipate, le succinate et l'acétate (Paris et coll., 1982; Krug et coll., 1985; Knoll et Winter, 1987). On croit que les bactéries du genre *Pseudomonas* (p. ex., *Pseudomonas putida*) ont un rôle majeur à jouer dans la dégradation de phénol dans les sols et les sédiments (Bayly et Wigmore, 1973; Haider et coll., 1974; Knezovich et coll., 1988). Il a été démontré que d'autres genres comme *Achromobacter*, *Azotobacter*, *Arthobacter*, *Bacillus*, *Brevibacterium*, *Clostridium*, *Flavobacterium*, *Micrococcus* et *Sarcina* dégradent aussi le phénol activement (Haider et coll., 1974; Visser et coll., 1977).

### Bioaccumulation

Le phénol a un faible coefficient de partage octanol-eau ( $\log K_{oe} = 1,46$ ) comparé à d'autres dérivés substitués du benzène (OMS, 1994). Par conséquent, on se s'attend pas à une bioaccumulation importante du phénol (Verschuere, 1983; Windholtz et coll., 1983; Howard, 1989; OMS, 1994). Un FBC de 7,6 a été calculé à partir des données de  $\log K_{oe}$  pour le phénol (Lyman et coll., 1982).

## Comportement et effets chez les biotes

### Processus microbiens des sols

Il existe très peu de données sur la toxicité du phénol pour les processus microbiens, telles la nitrification, l'ammonification et la respiration. Plusieurs études ont démontré que le phénol inhibe significativement la nitrification, surtout aux concentrations supérieures à  $500 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Tomlinson et coll., 1966; Stafford, 1974; Beccari et coll., 1980; Neufeld et coll., 1980; Benmoussa et coll., 1986).

### Plantes terrestres

On retrouve les phénols de façon naturelle dans les plantes et les sols. Comme le phénol et les composés phénoliques sont relativement solubles dans l'eau, ils sont présents dans la solution du sol et sont donc facilement captés par les plantes via l'absorption racinaire et emmagasinés dans différentes parties de la plante (Kuiters et Denneman, 1987). Shafer et Schonherr (1985) ont rapporté que le phénol fut absorbé et emmagasiné dans les membranes de la cuticule des tomates (*Lycopersicon*), des poivrons verts (*Capsicum*) et dans les feuilles de caoutchoucs. McFarlane et coll. (1987) ont observé l'absorption de phénol marqué au  $^{14}\text{C}$  par les racines des plants de fèves soya (*Glycine max.* L). Le phénol absorbé fut emmagasiné dans les racines, mais ne fut pas acheminé vers les pousses; les auteurs attribuent ce phénomène à la métabolisation in vivo du phénol en composés moins mobiles.

Les phénols des plantes jouent un rôle dans la résistance aux dommages causés par les insectes (Leszczynski et coll., 1985) et comme agents de défense contre les herbivores (Harborne, 1985; Rhodes, 1985; Haslam, 1988).

Une étude d'Environnement Canada (1995) a révélé que l'émergence des semis de radis (*Raphanus sativa*) n'est pas affecté par un sol artificiellement traité avec  $79 \text{ mg}$  de phénol- $\text{kg}^{-1}$  de sol. À  $125$ ,  $158$ , et  $170 \text{ mg}$  de phénol- $\text{kg}^{-1}$  de sol, l'émergence des semis de radis fut réduite de 25 %, 41 % et 50 %, respectivement. Une expérience semblable portant sur l'émergence des semis de laitue (*Lactuca sativa*) n'a révélé aucun effet à  $40 \text{ mg}$  de phénol- $\text{kg}^{-1}$  de sol; toutefois, l'émergence des semis fut réduite de 23 %, 25 % et 50 % respectivement à  $79$ ,  $83$  et  $131 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

### *Invertébrés terrestres*

Aucun effet sur la mortalité des vers de terre (*Eisenia foetida*) a été observé à une concentration de 160 mg de phénol·kg<sup>-1</sup> de sol, mais à 210, 270 et 320 mg·kg<sup>-1</sup> la mortalité des vers de terre étaient de 25 %, 50 %, et 74 %, respectivement (Environnement Canada, 1995). Neuhauser et coll. (1985) ont calculé une CL<sub>50</sub> de 401 mg de phénol·kg<sup>-1</sup> de sol pour *E. foetida*.

### *Animaux d'élevage et faune sauvage*

Le phénol est facilement absorbé par les voies orale et dermique chez les animaux (Clarke et Clarke, 1975). L'étendue de l'absorption dermique dépend principalement de la surface de peau exposée. Liao et Oehme (1980) ont rapporté que l'absorption de phénol était influencée davantage par la surface de peau exposée que par la concentration de la solution appliquée. Les vapeurs de phénol sont aussi absorbées au niveau de la circulation pulmonaire (Deichmann et Keplinger, 1981). Suite à l'absorption, la majorité du phénol est oxydé et conjugué en acide sulfurique, acide glucuronique et autres acides.

On associe généralement l'empoisonnement au phénol à l'arrêt respiratoire causant la mort, chez les animaux. L'empoisonnement peut aussi endommager les poumons, le foie, les reins, le cœur et le tractus génito-urinaire (Deichmann et Keplinger, 1981).

Kao et Bridges (1979) ont observé qu'une forte proportion de la dose de phénol (25 mg·kg<sup>-1</sup> de masse corporelle) administré aux moutons et aux porcs, par voie orale, fut rapidement éliminée dans l'urine (c.-à-d. qu'en 3 h, 85 % fut récupéré chez les moutons et 84 % chez les porcs). Moins de 0,5 % du phénol fut excrété dans les selles, ce qui suggère qu'une quantité considérable de phénol fut absorbée par l'animal. On a aussi rapporté que le phénylphosphate est un métabolite urinaire du phénol chez le mouton.

Les concentrations de DL<sub>50</sub> pour les lapins exposés au phénol par voie dermique variaient de 850 à 1400 mg·kg<sup>-1</sup> de masse corporelle (Flickinger, 1976; Vernot et coll., 1977).

Schafer et coll. (1983) ont mesuré une DL<sub>50</sub> >113 mg·kg<sup>-1</sup> de masse corporelle pour le carouge à épaulettes (*Agelaius phoeniceus*), à la suite d'une exposition orale au phénol.

Des empoisonnements au phénol ont été observés chez les porcs, suite à l'utilisation de phényle (2,9 % de phénol)

pour désinfecter la soue (Reid et coll., 1982). Les effets toxicologiques observés incluent des ulcères dermiques et des symptômes nerveux.

### **Effets sur la santé des humains et des animaux de laboratoire**

À partir des données limitées existantes, il semblerait que la plupart des canadiens soient surtout exposés au phénol par la consommation de nourriture (78-89 % de la dose journalière totale) et, à un moindre niveau, par l'inhalation d'air contaminé au phénol (jusqu'à environ 22 % de la dose journalière totale chez les adolescents). La consommation d'eau potable et l'ingestion de sol sont des voies d'exposition peu importantes, contribuant <0,1 % de l'exposition journalière totale pour toutes les classes d'âge. L'exposition aux produits contenant le phénol et aux médicaments sans prescription pourrait constituer la plus importante voie d'exposition des consommateurs, cependant, aucun patron d'utilisation de ces produits au Canada n'a pu être identifié. Il a donc été impossible d'évaluer l'exposition via de tels produits, particulièrement par voie dermique (Santé Canada, 1996).

Le phénol est absorbé rapidement et abondamment, suite à l'inhalation et à l'exposition orale et dermique. Suite à l'absorption, le phénol est réparti rapidement dans tous les tissus où il est métabolisé, puis excrété dans l'urine sous forme de phénol libre et de composés de phénol, et ceci, en près de 24 h (Deichmann, 1944; Piotrowski, 1971; Capel et coll., 1972; Liao et Oehme, 1981; Edwards et al., 1986).

Les empoisonnements aigus au phénol chez les humains peuvent entraîner la mort, peu importe la voie d'exposition (Bruce et coll., 1987). La mortalité survient à des doses orales de 1,5 g de phénol (plage de 1 à 60 g) chez les adultes et de 0,1 à 0,2 g de phénol chez les enfants (Santé et Bien-être social Canada, 1980). Suite à l'exposition aiguë chez les humains, on rapporte des effets tels les collapsus, l'œdème respiratoire, les arrêts respiratoires, et les dommages aux reins, au foie, au pancréas et à la rate. Les symptômes de l'exposition chronique et sub-chronique au phénol incluent les lésions buccales, la perte de poids, le vertige, la salivation, la diarrhée et l'urine foncée (Merliss, 1972).

Bien que certains résultats limités portant sur des animaux de laboratoire suggèrent que le phénol provoque des tumeurs, le phénol est « inclassable en ce qui concerne sa cancérogénicité pour les humains » (Groupe VI) à cause de l'insuffisance des preuves de sa cancérogénicité pour

les humains et les animaux de laboratoire (Santé Canada, 1996).

L'OMS (OMS, 1994) a identifié deux études critiques pour l'élaboration d'une DJA par voie orale. Une étude de tératogénicité chez les rats utilisant des doses multiples, menée par Jones-Price et coll. (1983), a fourni une CSE(N)O de  $60 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  de masse corporelle par jour, fondée sur des indices de toxicité foetale liée à la dose, telle la diminution du poids moyen des foetus. Schlicht et coll. (1992) ont mesuré une CSE(N)O de  $12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  de masse corporelle par jour, fondée sur les effets touchant les reins, au cours d'une étude restreinte de 14 jours, menée sur des rats Fisher-344 femelles. En utilisant un facteur d'incertitude de 200 (10 pour les variations intraspécifiques, 10 pour les variations interspécifiques et 2 pour une base de données limitée sur la toxicité du phénol pour les animaux), l'OMS (1994) recommande une plage de 60 à  $200 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de masse corporelle par jour comme limite supérieure à la DJA. La plus faible DJA de la plage recommandée par OMS (1994), dont  $60 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  de masse corporelle par jour, est adoptée provisoirement par le Bureau des dangers des produits chimiques de Santé Canada dans le but de permettre l'élaboration de recommandations pour la qualité des sols relativement au phénol en vue de la protection de la santé humaine dans les sites contaminés au Canada (Santé Canada, 1996).

### **Élaboration des recommandations**

Les recommandations canadiennes pour la qualité des sols sont élaborées pour différentes utilisations des terrains selon la procédure décrite dans CCME (1996a) à partir de différents récepteurs et scénarios d'exposition propres à chaque utilisation des terrains (tableau 1). Les détails méthodologiques de l'élaboration des recommandations pour la qualité des sols concernant le phénol sont présentées dans Environnement Canada (1996) et Santé Canada (1996).

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

Les recommandations pour la qualité des sols en fonction de l'environnement ( $\text{RQS}_E$ ) sont fondées sur le contact avec le sol à partir des 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 relatives à l'ingestion de sol et de nourriture par les mammifères et les oiseaux sont incluses. Dans le but

d'élargir le champ de protection, une vérification portant sur les cycles des nutriments et de l'énergie est effectuée. Pour les terrains à vocation industrielle, une vérification portant sur la migration hors-site est aussi effectuée.

Pour toutes les utilisations de terrain, la valeur préliminaire relative au contact avec le sol (aussi appelée concentration seuil produisant un effet [CSE] ou plus faible concentration produisant un effet [PFCE], selon la vocation du terrain) est comparée à la vérification portant sur les cycles des nutriments et de l'énergie. Si la valeur résultant de la vérification portant sur les cycles des nutriments et de l'énergie est inférieure à la valeur préliminaire relative au contact avec le sol, la moyenne géométrique de ces valeurs est calculée comme recommandation pour la qualité des sols concernant le contact avec le sol. Si la valeur résultant de cette vérification est supérieure à la valeur préliminaire, cette dernière devient la recommandation liée au contact avec le sol.

Pour les terrains à vocation agricole, la valeur la plus faible entre la recommandation liée au contact avec le sol et la recommandation relative à l'ingestion de sol et de nourriture est recommandée comme  $\text{RQS}_E$ .

Pour les terrains à vocation résidentielle/parc et à vocation commerciale, la recommandation liée au contact avec le sol devient la  $\text{RQS}_E$ .

Pour les terrains à vocation industrielle, la valeur la plus faible entre la recommandation liée au contact avec le sol et la vérification portant sur la migration hors-site est recommandée comme  $\text{RQS}_E$ .

En ce qui concerne le phénol, les données sont insuffisantes pour élaborer une valeur de vérification portant sur les cycles des nutriments et de l'énergie, ou la recommandation relative à l'ingestion de sol et de nourriture. Les recommandations relatives au contact avec le sol sont proposées comme  $\text{RQS}_E$  pour toutes les utilisations de terrain (tableau 2).

La vérification portant sur la nappe phréatique a été adoptée afin de déterminer une concentration de phénol dans le sol, qui permettra de protéger la vie aquatique d'eau douce dans les eaux de surface renouvelées par la nappe phréatique. Cette valeur de vérification portant sur la nappe phréatique n'est pas utilisée dans l'élaboration de recommandations pour la qualité des sols en vue de la protection de l'environnement, mais elle devrait être appliquée selon les conditions particulières à chaque site (tableau 2).

Tableau 2. Recommandations pour la qualité des sols et résultats des calculs de vérification concernant le phénol ( $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

Recommandation	Vocation du terrain			
	Agricole	Résidentielle/ parc	Commerciale	Industrielle
<b>Recommandation</b>	<b>3,8<sup>a</sup></b>	<b>3,8<sup>a</sup></b>	<b>3,8<sup>a</sup></b>	<b>3,8<sup>a</sup></b>
Recommandations pour la protection de la santé humaine/ résultats des calculs de vérification				
RQ <sub>SH</sub>	3,8 <sup>b</sup>	3,8 <sup>b</sup>	3,8 <sup>b</sup>	3,8 <sup>b</sup>
Recommandation relative à l'ingestion de sol	1 900	1900	7 000	150 000
Vérification : inhalation de l'air intérieur	500	500	1 800	2 100
Vérification : migration hors-site	—	—	—	28 000
Vérification : nappe phréatique (eau potable)	3,8	3,8	3,8	3,8
Vérification : produits agricoles, viande et lait	NC <sup>c</sup>	NC <sup>c</sup>	—	—
RQ <sub>SH</sub> provisoires	NC <sup>d</sup>	NC <sup>d</sup>	NC <sup>d</sup>	NC <sup>d</sup>
Voie limitant la RQ <sub>SH</sub> provisoire	ND	ND	ND	ND
Recommandations pour la protection de l'environnement/résultats des calculs de vérification				
RQ <sub>SE</sub>	20 <sup>e</sup>	20 <sup>e</sup>	128 <sup>e</sup>	128 <sup>e</sup>
Recommandation relative au contact avec le sol	20	20	128	128
Recommandation relative à l'ingestion de sol et de nourriture	NC <sup>f</sup>	—	—	—
Vérification : cycles des nutriments et de l'énergie	NC <sup>f</sup>	NC <sup>f</sup>	NC <sup>f</sup>	NC <sup>f</sup>
Vérification : migration hors-site	—	—	—	286
Vérification : nappe phréatique (vie aquatique)	0,007 <sup>g</sup>	0,007 <sup>g</sup>	0,007 <sup>g</sup>	0,007 <sup>g</sup>
RQ <sub>SE</sub> provisoire	NC <sup>h</sup>	NC <sup>h</sup>	NC <sup>h</sup>	NC <sup>h</sup>
Voie limitant la RQ <sub>SE</sub> provisoire	ND	ND	ND	ND
Critère provisoire de qualité des sols (CCME, 1991)	0,1	1	10	10

**Notes :** NC = non calculée; ND = non déterminée; RQ<sub>SE</sub> = recommandation pour la qualité des sols : environnement; RQ<sub>SH</sub> = recommandation pour la qualité des sols : santé humaine. Le tiret indique une recommandation ou un résultat des calculs de vérification qui ne fait pas partie du scénario d'exposition pour cette utilisation du terrain et qui, par conséquent, n'est pas calculé.

<sup>a</sup>Les données sont suffisantes et adéquates pour calculer une RQ<sub>SH</sub> et une RQ<sub>SE</sub>. C'est pourquoi la recommandation pour la qualité des sols est la valeur la plus faible des deux et représente une nouvelle recommandation entièrement intégrée pour cette utilisation du terrain, élaborée selon la procédure décrite dans le protocole connexe (CCME, 1996a). Le critère provisoire de qualité des sols correspondant (CCME, 1991) est remplacé par la recommandation pour la qualité des sols.

<sup>b</sup>La RQ<sub>SH</sub> est la valeur la plus faible entre les recommandations pour la protection de la santé humaine et les valeurs de vérification.

<sup>c</sup>La vérification de produits agricoles, de la viande et du lait n'a pas été calculée. Les préoccupations soulevées par le phénol à un lieu donné seront examinées cas par cas.

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

<sup>e</sup>La RQ<sub>SE</sub> est fondée sur la recommandation relative au contact avec le sol.

<sup>f</sup>Les données sont insuffisantes ou inadéquates pour permettre le calcul de la recommandation pour l'ingestion de sol et de nourriture ou de la vérification portant sur les cycles des nutriments et de l'énergie pour cette utilisation du terrain.

<sup>g</sup>La valeur de vérification portant sur la nappe phréatique (vie aquatique) pour la protection de l'environnement n'a pas été utilisée dans l'élaboration de la recommandation pour la qualité des sols. Cette valeur devrait être appliquée selon les conditions particulières à chaque terrain.

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

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

Les recommandations pour la qualité des sols en vue de la protection de la santé humaine ( $RQS_{SH}$ ) pour les contaminants à seuil d'effets requièrent une DJA pour le récepteur le plus sensible désigné en fonction d'une utilisation donnée du terrain. Pour le phénol, une DJA provisoire a été adoptée.

La recommandation relative à l'ingestion de sol concernant le phénol a été approuvée par le Comité de décision sur les normes et les recommandations du bureau des dangers des produits chimiques de Santé Canada comme recommandation préliminaire pour la qualité des sols en vue de la protection de la santé humaine. Toutefois, le CCME recommande l'application de différents mécanismes de vérification, lorsque jugés pertinents, dans le but d'élargir le champ de protection. Pour le phénol, parmi les valeurs telles la recommandation pour l'ingestion de sol, la vérification portant sur l'inhalation d'air intérieur, celle sur la migration hors-site et celle sur la nappe phréatique (eau potable), la valeur la plus faible est recommandée comme  $RQS_{SH}$  (tableau 2).

Par conséquent, la  $RQS_{SH}$  est fondée sur la vérification de la nappe phréatique (eau potable) pour toutes les utilisations de terrain (tableau 1).

**Recommandations pour la qualité des sols  
concernant le phénol**

Les recommandations pour la qualité des sols concernant le phénol sont les valeurs les plus faibles parmi les  $RQS_{SH}$  et les  $RQS_E$  pour chaque utilisation de terrain. Pour toutes les utilisations de terrain, la recommandation pour la qualité des sols est la concentration dans le sol calculée pour la  $RQS_{SH}$ , laquelle est fondée sur la vérification portant sur la nappe phréatique (eau potable) (tableau 1).

Comme il existe suffisamment de données pour calculer une  $RQS_{SH}$  et une  $RQS_E$ , la recommandation pour la qualité des sols représente une recommandation nouvelle entièrement intégrée pour chaque utilisation de terrain, élaborée à partir du protocole des sols (CCME, 1996a). Les critères provisoires de la qualité des sols relativement au phénol (CCME, 1991) sont remplacés par les recommandations pour la qualité des sols.

On trouvera dans le document du CCME (1996b) des conseils sur les modifications qui peuvent être apportées à la recommandation proposée pour la qualité des sols lors de l'établissement d'objectifs particuliers à chaque site.

**Références**

- Aquino, M.D., S. Korol, P. Santini et J. Moretton. 1988. Biodegradation of phenolic compounds: I, Improved degradation of phenol and benzoate by indigenous strains of *Acinobacter* and *Pseudomonas*. *Rev. Latinoam. Microbiol.* 30(3):283–288. (Cité dans OMS 1994.)
- ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry). 1989. Toxicological profile for phenol. U.S. Department of Health and Human Services, U.S. Public Health Service, Atlanta, GA.
- Baker, M.D. et C.I. Mayfield. 1980. Microbial and nonbiological decomposition of chlorophenols and phenol in soil. *Water Air Soil Pollut.* 13:411–424.
- Bayly, R.C. et G.J. Wigmore. 1973. Metabolism of phenol and cresols by mutants of *Pseudomonas putida*. *J. Bacteriol.* 113:1112–1120.
- Beccari, M., R. Passino, R. Ramador et V. Tandoi. 1980. Inhibitory effects on nitrification by typical compounds in coke plant wastewater. *Environ. Technol. Lett.* 1:245–252. (Cité dans Benmoussa et coll. 1986.)
- Benmoussa, H, G. Martin, F. Tonnard, Y. Richard et O.A. Leprince. 1986. Étude de l'inhibition de la nitrification par les composés organiques. *Water Res.* 20:1465–1470.
- Bruce, R.M., J. Santodonato et M.W. Neal. 1987. Summary review of the health effects associated with phenol. *Toxicol. Ind. Health* 3:535–568.
- Budavari, S. (éd.). 1989. *The Merck index: An encyclopedia of chemicals, drugs, and biologicals*. 11<sup>e</sup> éd. Merck and Co., Inc., Rahway, NJ.
- Capel, I.D., M.R. French, P. Milburn, R.L. Smith et R.T. Williams. 1972. Fate of <sup>14</sup>C-phenol in various species. *Xenobiotica* 2:25–34.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1991. Critères provisoires canadiens de qualité environnementale pour les lieux contaminés. CCME, Winnipeg.
- . 1996a. Protocole d'élaboration de recommandations pour la qualité des sols en fonction de l'environnement et de la santé humaine. CCME, Winnipeg. [Un résumé du protocole figure au chapitre 7 des *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, Conseil canadien des ministres de l'environnement, 1999, Winnipeg.]
- . 1996b. 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. CCME, Winnipeg. [Repris dans les *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, chapitre 7, Conseil canadien des ministres de l'environnement, 1999, Winnipeg.]
- CCMRE. (Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement). 1987. *Recommandations pour la qualité des eaux*. Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux.
- Clarke, G.E.C. et M.L. Clarke. 1975. *Veterinary toxicology*. Bailliere Tindall, London. (Cité dans Eales et coll. 1981).
- Deichmann, W.B. 1944. Phenol studies; V, The distribution, detoxification, and excretion of phenol in the mammalian body. *Arch. Biochem.* 3:345–355.
- Deichmann, W.B. et M.L. Keplinger. 1981. Phenols and phenolic compounds, dans *Patty's industrial hygiene and toxicology*, G.D. Clayton et F.E. Clayton, éd. John Wiley and Sons, New York.

- Dobbins, D.C., J.R. Thornton-Manning, D.D. Jones et T.W. Federle. 1987. Mineralization potential for phenol in subsurface soils. *J. Environ. Qual.* 16:54–58.
- Eales, F.A., J. Small, J.S. Oliver et C. Quigley (éds.). 1981. Phenol poisoning in a newborn lamb. *Vet. Rec.* 108:421.
- Edwards, V.T., B.C. Jones et D.H. Hutson. 1986. A comparison of the metabolic fate of phenol, phenyl glucoside and phenyl 6-O-malonyl-glucoside in the rat. *Xenobiotica* 16:801–807.
- Eisenreich, S.J., B.B. Looney et J.D. Thornton. 1981. Airborne organic contaminants in the Great Lakes ecosystem. *Environ. Sci. Technol.* 15:30–38.
- Environnement Canada. 1995. Toxicity testing of National Contaminated Sites Remediation Program priority substances for the development of soil quality criteria for contaminated sites. Service de la conservation de l'environnement, Direction de l'évaluation et de l'interprétation, Division des recommandations, Ottawa. Inédit.
- . 1996. Canadian soil quality guidelines for phenol: Environmental. Supporting document — Final draft. December 1996. Direction de la qualité de l'environnement et de la politique scientifique, Division des recommandations, Ottawa.
- Fedorak, P.M. et S.E. Hruddy. 1986. Nutrient requirements for the methanogenic degradation of phenol and p-cresol in anaerobic draw and feed cultures. *Water Res.* 20:929–934.
- Flickinger, C.W. 1976. The benzenediols: Catechol, resorcinol and hydroquinone — A review of the industrial toxicology and current exposure limits. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 37:596–606. (Cité dans OMS 1994.)
- Freitag, D., L. Ballhorn, H. Gayer et F. Korte. 1985. Environmental hazard profile of organic chemicals. *Chemosphere* 14:1589–1616.
- Haider, K., G. Jagnow, R. Kohlen et S.U. Lim. 1974. Degradation of chlorinated benzenes, phenols, and cyclohexane derivatives by benzene and phenol utilizing soil bacteria under aerobic conditions. *Arch. Microbiol.* 96:183–200.
- Harborne, J.B. 1985. Phenolics and plant defense. *Annu. Proc. Phytochem. Soc. Eur.* 25:393–408.
- Haslam, E. 1988. Plant polyphenols (syn. vegetable tannins) and chemical defense: A reappraisal. *J. Chem. Ecol.* 14:1789–1805.
- Hemphill L. et W.S. Swanson. 1963. [No title.] *Eng. Ext. Ser.* (Univ. de Purdue), no. 115, 204–217. (Cité dans Yost et Anderson 1984.)
- Howard, P.H. 1989. Handbook of environmental fate and exposure data for organic chemicals, vol. 1. Lewis Publishers, Chelsea, MI.
- Howard, P.H., R.S. Boethling, W.F. Jarvis, W.M. Meylan et E.M. Michalenko. 1991. Handbook of environmental degradation rates. Lewis Publishers, Chelsea, MI.
- Jones-Price, C., T.A. Ledoux, J.R. Reel, P.W. Fisher, L. Langhoff-Paschke et M.C. Marr. 1983. Teratologic evaluation of phenol in CD rats. PB85-104461/XAB. Research Triangle Institute, Research Triangle Park, NC.
- Kao, J. et J.W. Bridges. 1979. Metabolism of [<sup>14</sup>C]phenol by sheep, pig and rat. *Xenobiotica* 9:141–147.
- Knezovich, J.P., J.M. Hirabayashi, D.J. Bishop et F.L. Harrison. 1988. The influence of different soil types on the fate of phenol and its biodegradation products. *Chemosphere* 17:2199–2206.
- Knoll, G. et J. Winter. 1987. Anaerobic degradation of phenol in sewage sludge: Benzoate formation from phenol and carbon dioxide in the presence of hydrogen. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 25:384–391.
- Krug, M., H. Ziegler et G. Strabe. 1985. Degradation of phenolic compounds by the yeast *Candida tropicalis* HP-15: 1, Physiology and growth and substrate utilization. *J. Basic Microbiol.* 25:103–110.
- Kuiters, A.T. et C.A.G. Denneman. 1987. Water-soluble phenolic substances in soils under several coniferous and deciduous tree species. *Soil Biol. Biochem.* 19:765–769.
- Laliberté, D. 1990. Teneurs en métaux, BPC, pesticides organochlorés, HAP et composés phénoliques des sédiments et des poissons des rivières du Québec. QE 90-3. Réseau de surveillance des substances toxiques dans le milieu aquatique, Direction générale de l'assainissement des eaux.
- Leszczynski, B., J. Warchol et N. Seweryn. 1985. The influence of phenolic compounds on the preference of winter wheat cultivars by cereal aphids. *Insect Sci. Appl.* 6:157–158.
- Liao, J.T.F. et W. Oehme. 1980. Literature reviews of phenolic compounds: I, Phenol. *Vet. Human Toxicol.* 22:160–164.
- Liao, T.F. et F.W. Oehme. 1981. Tissue distribution and plasma protein binding of [<sup>14</sup>C] phenol in rats. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 57:220–225.
- Lyman, W.J., W.F. Reehl et D.H. Rosenblatt. 1982. Handbook of chemical property estimation methods. McGraw-Hill, New York. (Cité dans Howard 1989.)
- Marchand, N. 1992. Former Texaco Montreal Refinery Site Remediation. Article présenté à : the Application of risk assessment to site remediation CPPI Workshop, Winnipeg, novembre 1992.
- McFarlane, J.C., T. Pflieger et J. Fletcher. 1987. Transpiration effect on the uptake and distribution of bromacil, nitrobenzene and phenol in soybean plants. *J. Environ. Qual.* 16:372–376.
- MEEQ (Ministère de l'Environnement et de l'Énergie de l'Ontario). 1993. Ontario typical range of chemical parameters in soil, vegetation, moss bags and snow. Version 1.0a. PIBS 2792. Standards Development Branch, Phytotoxicology Section, Toronto.
- Merliss, R.R. 1972. Phenol marasmus. *J. Occup. Med.* 14:55–56.
- Munro, J.R., M.G. Foster, T. Pawson, A. Stelzig, T. Tseng et L. King. 1985. St. Clair River point source survey 1979–1980. Ministère de l'Environnement de l'Ontario et Environnement Canada, Toronto et Ottawa.
- Neufeld, R.D., A. Hill et D. Adekoya. 1980. Phenol and free-ammonia inhibition to *Nitrosomonas* activity. *Water Res.* 14:1695–1703.
- Neuhauser, E.F., R.C. Loehr, M.R. Malecki, D.L. Milligan et P.R. Urkin. 1985. The toxicity of selected organic chemicals to the earthworm *Eisenia foetida*. *J. Environ. Qual.* 1:383–388.
- OMS (Organisation mondiale de la santé). 1994. Phenol. Critère d'hygiène de l'environnement 161. Genève.
- Pakdel, H., G. Couture, C. Roy, A. Masson, J. Locat, P. Gélinas et S. Lessage. 1992. Developing methods for the analysis of toxic chemicals in soil and groundwater: The case of Ville-Mercier, Québec, Canada, dans Groundwater contamination and analysis of hazardous waste sites, S. Lesage et R.E. Jackson, éd. Marcel Dekker, Inc., New York.
- Paris, D.F., N.L. Wolfe et W.C. Steen. 1982. Structure-activity relationships in microbial transformations of phenols. *Appl. Environ. Microbiol.* 44:153–158.
- Paul, M. et D. Laliberté. 1987. Teneurs en BPC, pesticides organochlorés, composés phénoliques et HAP des poissons et des sédiments du bassin versant de la rivière des Outaouais en 1985. QE 86-10. Réseau de surveillance des substances toxiques dans le milieu aquatique, Direction générale de l'assainissement des eaux.
- Piotrowski, J.K. 1971. Evaluation of exposure to phenol: absorption of phenol vapour in the lungs and through the skin and excretion of phenol in urine. *Brit. J. Ind. Med.* 28:172–178.
- Reid, G.G., P.J. Ketterer, H. Mawhinney et P. Glover. 1982. Exposure to phenol and endrin as a cause of skin ulcerations and nervous signs in pigs. *Aust. Vet. J.* 59:160.
- Rhodes, M.J.C. 1985. The physiological significance of plant phenolic compounds. *Annu. Proc. Phytochem. Soc. Euro.* 25:99–117.
- Saltzman, S. et S. Yariv. 1975. Infrared study of the sorption of phenol and p-nitrophenol by montmorillonite. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39:474–479.
- Santé Canada. 1996. Canadian soil quality guidelines for phenol: Human health. Final report. Direction de l'hygiène du milieu, Section de l'air et des déchets, Ottawa.



- Santé et Bien-être social Canada. 1980. Phenols, dans Guidelines for Canadian drinking water quality 1978. Pièce à l'appui. Approvisionnement et Services Canada, Ottawa.
- Schafer, E.W., Jr., W.A. Bowles, Jr. et J. Hurlbut. 1983. The acute oral toxicity, repellency, and hazard potential of 998 chemicals to one or more species of wild and domestic birds. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 12:355-382.
- Schlicht, M.P., V.C. Moser, B.M. Sumrell, E. Berman et R.C. MacPhail. 1992. Systemic and neurotoxic effects of acute and repeated phenol administration (Résumé n° 1047). Toxicologist 12 (1):274. (Cité dans OMS 1994.)
- Scott, H.D., D.C. Wolf et T.L. Lavy. 1982. Apparent absorption and microbial degradation of phenol by soil. J. Environ. Qual. 11:107-112.
- Shafer, W.E. et J. Schonherr. 1985. Accumulation and transport of phenol, 2-nitrophenol and 4-nitrophenol in plant cuticles. Ecotoxicol. Environ. Saf. 10:239-252.
- Sithole, H.D. et D.T. Williams. 1986. Halogenated phenols in water at forty Canadian potable water treatment facilities. J. Assoc. Off. Anal. Chem. 69:807-810.
- Stafford, D.A. 1974. The effect of phenols and heterocyclic bases on nitrification in activated sludges. J. Appl. Bacteriol. 37:75-82.
- Stanford Research Institute. 1993. Phenol. Dans: CEH marketing research report, chemical economics handbook, L. Fujise, W. Cox. et M. Tashiro, éd. 686.500 A - 686.5001W. Stanford Research Institute International, Menlo Park, CA.
- Tomlinson, F., A. Boon et C. Trotman. 1966. Inhibition of nitrification in the activated sludge process of sewage disposal. J. Appl. Bacteriol. 29:266-291.
- Tschech, A. et G. Fuchs. 1987. Anaerobic degradation of phenol by pure cultures of nearly isolated denitrifying pseudomonas. Arch. Microbiol. 148:213-217.
- Vernot, E.H., J.D. MacEwen, C.C. Haun et E.R. Kinkead. 1977. Acute toxicity and skin corrosion data for some organic and inorganic compounds and aqueous solutions. Toxicol. Appl. Pharmacol. 42:417-423.
- Verschueren, K. 1983. Handbook of environmental data on organic chemicals. 2<sup>e</sup> éd. Van Nostrand Reinhold Co., New York.
- Visser, S.A., G. Lamontagne, V. Zoulalian et A. Tessier. 1977. Bacteria active in the degradation of phenols in polluted waters of the St. Lawrence River. Arch. Environ. Contam. Toxicol. 6:455-469.
- Windholz, M., S. Budavari, R.F. Blumetti et E.S. Otterbein (éds.). 1983. The Merck index: An encyclopedia of chemicals, drugs and biologicals, 10<sup>e</sup> éd. Merck and Co. Inc., Rahway, NJ.
- Yost, E.C. et M.A. Anderson. 1984. Absence of phenol adsorption on goethite. Environ. Sci. Technol. 18:101-106.
- Zhang, P.C. et D.L. Sparks. 1993. Kinetics of phenol and aniline adsorption and desorption on an organic-clay. Soil Sci. Soc. Am. J. 57:340-345.

Ce feuillet d'information a initialement été publié dans le document de travail intitulé « Recommandations canadiennes pour la qualité des sols » (Conseil canadien des ministres de l'environnement, mars 1997, Winnipeg). Il a été revu et édité avant d'être présenté ici.

Comment citer ce document :

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 1999. Recommandations canadiennes pour la qualité des sols : Environnement et santé humaine — phénol (1997), 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 : [spccme@chc.gov.mb.ca](mailto:spccme@chc.gov.mb.ca)