

Le chlorpyrifos

Recommandation

La concentration maximale acceptable (CMA) de chlorpyrifos dans l'eau potable est de 0,09 mg/L (90 µg/L).

Propriétés physico-chimiques, utilisations et sources de contamination

Le chlorpyrifos (C₉H₁₁Cl₃NO₃PS) est un insecticide organophosphoré utilisé pour lutter contre les moustiques, les mouches, divers nuisibles dans les cultures par épandage sur le sol ou le feuillage, les nuisibles de maison et les larves aquatiques. Il sert aussi à lutter contre les ectoparasites chez l'agneau et les bêtes à cornes. De 100 000 à 500 000 kg de ce produit sont utilisés chaque année au Canada.¹

La pression de vapeur du chlorpyrifos est de $2,49 \times 10^{-3}$ Pa à 25°C; sa solubilité dans l'eau est de 2 mg/L à 25°C.² La plage des valeurs signalées du logarithme de son coefficient de partage octanol-eau est élevée, variant de 4,82 à 5,11.³

Le chlorpyrifos est fortement absorbé par le sol; on ne prévoit donc pas qu'il ait beaucoup tendance à la lixiviation.⁴ Il persiste dans le sol pendant des périodes allant de 60 à 120 jours.⁵ Sa dégradation est principalement attribuable à l'action microbienne.⁶ Ses produits de dégradation comprennent le trichloro-3,5,6 pyridinol-2, qui est ensuite scindé en composés organochlorés et en dioxyde de carbone.⁷ La vitesse d'hydrolyse du chlorpyrifos dans l'eau augmente en fonction du pH et de la température ainsi qu'en présence de cuivre.⁵ De 30 à 60 pour cent de tout le chlorpyrifos présent en phase aqueuse peut disparaître en moins de 24 heures par adsorption, dégradation et vaporisation.⁸

Exposition

On n'a pas décelé la présence de chlorpyrifos dans les 511 échantillons prélevés dans les réseaux publics et privés de distribution d'eau potable, entre autres dans le Toronto Métropolitain (de 1971 à 1982), au Manitoba (1986) ainsi qu'en Alberta (de 1978 à 1985) (limites de détection : 0,20 et 0,04 µg/L).⁹ On n'en a pas trouvé non plus dans les 446 échantillons d'eau superficielle

recueillis dans le bassin hydrographique des rivières Grand et Thames, bien que ce produit ait été utilisé à raison de presque 3 000 et 7 500 kg/année dans l'une et l'autre de ces deux régions (limite de détection : 0,1 µg/L).¹⁰

D'après la limite maximale de résidus fixée par la Direction des aliments du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social,¹¹ l'apport alimentaire quotidien maximal de chlorpyrifos est, en théorie, de 0,07 mg/jour, ce qui représente 10 pour cent de l'apport quotidien acceptable (AQA), qui est de 0,7 mg/jour pour un adulte pesant 70 kg.¹² On a décelé du chlorpyrifos aux États-Unis dans seulement 49 échantillons d'aliments fabriqués au pays sur 6 391, à des concentrations inférieures à 2,0 ppm dans 94 pour cent des cas; dans les aliments importés, on a décelé du chlorpyrifos dans 1 777 échantillons sur 12 044, sauf dans cinq cas, à des teneurs égales ou inférieures à 0,5 µg/g.¹³ L'apport alimentaire quotidien de chlorpyrifos a été évalué à 0,241 µg d'après une étude du panier de provisions du consommateur américain.¹⁴

Méthodes d'analyse et techniques de traitement

Le dosage des insecticides organophosphorés peut se faire par extraction séparée à l'hexane et au dichlorométhane, séparation par chromatographie en phase gazeuse et détection thermionique ou photométrique de flamme (limite de détection : 1 µg/L);¹⁵ la séparation peut aussi se faire par chromatographie gaz-liquide, puis détection par photométrie de flamme (limite de détection : 0,1 µg/L).¹⁶

On n'a trouvé aucun renseignement concernant l'efficacité des techniques actuelles de traitement permettant d'éliminer le chlorpyrifos de l'eau potable.

Effets sur la santé

Le chlorpyrifos est facilement absorbé par le tube digestif et sa métabolisation est rapide. Les métabolites sont excrétés principalement dans les urines et, à un degré moindre, dans les fèces; les principaux métabolites sont le phosphate de trichloro-3,5,6

pyridyle-2 et le trichloro-3,5,6 pyridinol-2.¹⁷ On a décelé de petites quantités de chlorpyrifos non métabolisé dans le sang, le cerveau et le foie après ingestion accidentelle par les humains.¹⁸

Le chlorpyrifos est un inhibiteur de la cholinestérase. Des humains (quatre hommes par groupe) ont été soumis volontairement à l'administration de chlorpyrifos par voie orale à raison de 0,014 mg/kg p.c. par jour pendant 27 jours, de 0,03 mg/kg p.c. par jour pendant 20 jours ou de 0,10 mg/kg p.c. par jour pendant neuf jours.¹⁹ Aucune de ces doses n'a modifié chez eux l'activité de la cholinestérase érythrocytaire.

Des chiens beagle ont été exposés pendant deux ans à des aliments renfermant des teneurs en chlorpyrifos de 0, de 0,01, de 0,03, de 0,1, de 1,0 ou de 3,0 mg/kg p.c. par jour.²⁰ Les doses de 1,0 et de 3,0 mg/kg p.c. par jour ont inhibé la cholinestérase érythrocytaire tant chez les mâles que chez les femelles. Au cours d'une étude analogue,²¹ des rats ont reçu une alimentation renfermant des doses de chlorpyrifos de 0, de 0,01, de 0,03, de 0,1, de 1,0 et de 3,0 mg/kg p.c. par jour pendant deux ans. On a constaté que l'activité de la cholinestérase du cerveau était inhibée à la dose de 3,0 mg/kg p.c. par jour alors qu'elle était légèrement abaissée à la dose de 1,0 mg/kg p.c. par jour. D'après ces résultats, la dose sans effet nocif observé (DSENO) pour l'inhibition de la cholinestérase des érythrocytes et du cerveau serait de 0,1 mg/kg p.c. par jour. On a observé une DSENO analogue chez des singes Rhésus ayant reçu par gavage une dose quotidienne de chlorpyrifos de 0,08 mg/kg p.c. pendant six mois; on n'a constaté aucune diminution de l'activité de la cholinestérase érythrocytaire chez ces animaux.²²

Au cours d'une étude du pouvoir cancérogène chez la souris CD-1, l'administration de doses de chlorpyrifos atteignant 15 ppm (1,5 mg/kg p.c. par jour) pendant 105 semaines avec les aliments n'a pas entraîné d'effet oncogène.²³ Le chlorpyrifos ne s'est pas révélé mutagène dans cinq systèmes de dosage microbien²⁴.

Au cours d'une étude du pouvoir tératogène chez la souris CF-1, l'administration de doses quotidiennes de chlorpyrifos atteignant 25 mg/kg p.c. n'a pas occasionné d'effet tératogène, bien que des réductions importantes des taux de cholinestérase plasmatique ou érythrocytaire aient été observés à des doses quotidiennes d'au moins 1 mg/kg p.c. chez les mères et d'au moins 10 mg/kg p.c. chez les foetus.²⁵

Justification

L'AQA de chlorpyrifos a été calculé par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS)¹² comme suit :

$$AQA = \frac{0,1 \text{ mg/kg p.c. par jour}}{10} = 0,01 \text{ mg/kg p.c. par jour}$$

où :

- 0,1 mg/kg p.c. par jour est la dose sans effet nocif observé obtenue à la suite d'une étude d'une durée de deux ans chez le chien et le rat^{20,21} et d'études réalisées chez des volontaires humains¹⁹
- 10 est le facteur d'incertitude.

La concentration maximale acceptable (CMA) de chlorpyrifos dans l'eau potable a été calculée à partir de l'AQA comme suit :

$$CMA = \frac{0,01 \text{ mg/kg p.c. par jour} \times 70 \text{ kg} \times 0,20}{1,5 \text{ L/jour}} \approx 0,09 \text{ mg/L}$$

où :

- 0,01 mg/kg p.c. par jour est l'AQA établi par la FAO et l'OMS
- 70 kg est le poids corporel moyen d'un adulte
- 0,20 est la proportion de l'apport quotidien de chlorpyrifos attribuée à l'eau potable
- 1,5 L/jour est la consommation moyenne quotidienne d'eau potable d'un adulte.

Références bibliographiques

1. Environnement Canada/Agriculture Canada. Sondage auprès des fabricants de pesticides enregistrés, rapport de 1986. Direction des produits chimiques commerciaux, Conservation et Protection, Environnement Canada, Ottawa (1987).
2. Agriculture Canada. Guide des produits chimiques utilisés pour la protection des cultures. 7^e édition. Publication n° 1093 (1982).
3. Suntio, L.R., Shiu, W.Y., Mackay, D., Seiber, J.N. et Glotfelty, D. Critical review of Henry's Law constants for pesticides. Rev. Environ. Contam. Toxicol., 103: 1 (1988).
4. Hazardous Substances Databank. Toxicology Data Network. U.S. National Library of Medicine, Bethesda, MD (1988).
5. Worthing, C.R. The pesticide manual — a world compendium. 7^e édition. British Crop Protection Council (1983).
6. Environnement Canada. Recommandations pour la qualité des eaux au Canada. Préparé par le Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement (1987).
7. The Royal Society of Chemistry. The agrochemicals handbook. 2^e édition (première mise à jour, avril 1988). Nottingham (1988).
8. Hughes, D.N., Boyer, M.G., Papst, M.H., Fowle, C.D., Rees, G.A.V. et Baulu, P. Persistence of three organophosphorus insecticides in artificial ponds and some biological implications. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 9: 269 (1980).
9. Hiebsch, S.C. The occurrence of thirty-five pesticides in Canadian drinking water and surface water. Rapport non publié préparé pour la Direction de l'hygiène du milieu, ministère de la Santé nationale et du Bien-être social, janvier (1988).
10. Frank, R. et Logan, L. Pesticide and industrial chemical residues at the mouth of the Grand, Saugeen and Thames rivers, Ontario, Canada, 1981-85. Arch. Environ. Contam. Toxicol., 17: 741 (1988).
11. Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social. National pesticide residue limits in foods. Direction des aliments, Ottawa (1986).

12. FAO/OMS. Pesticide residues in food – 1982. Evaluations. Données et recommandations présentées à la réunion sur les résidus de pesticides tenue à Rome du 23 novembre au 2 décembre 1982. Publication n° 49 de la FAO sur la production et la protection des végétaux, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome (1983).
13. Hundley, H.K., Cairns, T., Luke, M.A. et Masumoto, H.T. Pesticide residue findings by the Luke method in domestic and imported foods and animal feeds for fiscal years 1982–1986. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 71(5): 875 (1988).
14. Gartrell, M.J., Craun, J.C., Podebarac, D.S. et Gunderson, E.L. Pesticides, selected elements, and other chemicals in adult total diet samples, October 1980 – March 1982. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 69(1): 146 (1986).
15. U.K. Department of the Environment. Methods for the examination of waters and associated materials — organophosphorus pesticides in river and drinking water, 1980, tentative method. Her Majesty's Stationery Office, Londres (1983).
16. Braun, H.E. et Frank, R. Organochlorine and organophosphorus insecticides: their use in eleven agricultural watersheds and their loss to stream waters in southern Ontario, Canada, 1975–1977. *Sci. Total Environ.*, 15: 169 (1980).
17. FAO/OMS. Fiche technique sur les pesticides, n° 18 : chlorpyrifos. Organisation mondiale de la santé, Genève (1975).
18. Lores, E.M., Bradway, D.E. et Moseman, R.F. Organophosphorus pesticide poisonings in humans: determination of residues and metabolites in tissues and urine. *Arch. Environ. Health*, 33: 270 (1978).
19. Coulston, F., Goldberg, L. et Griffin, T. Safety evaluation of Dowco 179 in humans. Rapport non publié, Inst. Exp. Pathol. Toxicol., Albany Medical College (1972). (Revu dans FAO/OMS. 1972 evaluations of some pesticide residues in food. Série n° 2 de l'OMS sur les résidus de pesticides, Organisation mondiale de la santé, Genève [1973].)
20. McCollister, S.B., Kociba, R.J., Gehring, P.J. et Humiston, C.G. Results of two-year dietary feeding studies on Dowco 179 in beagle dogs. Rapport non publié T35.12-44793-18, Dow Chemical Co. (1971). (Revu dans FAO/OMS. 1972 evaluations of some pesticide residues in food. Série n° 2 de l'OMS sur les résidus de pesticides, Organisation mondiale de la santé, Genève [1973].)
21. McCollister, S.B., Kociba, R.J., Gehring, P.J. et Humiston, C.G. Results of two-year dietary feeding studies of Dowco 179 in rats. Rapport non publié NBT35.12-44793-21, Dow Chemical Co. (1971). (Revu dans FAO/OMS. 1972 evaluations of some pesticide residues in food. Série n° 2 de l'OMS sur les résidus de pesticides, Organisation mondiale de la santé, Genève [1973].)
22. Coulston, F., Goldberg, L., Abraham, R., Benito, K.F., Griffin, T.B. et Norvell, M. Final report on safety evaluation and metabolic studies on Dowco 179 (IN 151). Rapport non publié, Inst. Exp. Pathol. Toxicol., Albany Medical College (1971). (Revu dans FAO/OMS. 1972 evaluations of some pesticide residues in food. Série n° 2 de l'OMS sur les résidus de pesticides, Organisation mondiale de la santé, Genève [1973].)
23. Warner, S.D., Gerbig, C.G., Strebing, R.J. et Molello, J.A. Results of a two-year toxicity and oncogenicity study of chlorpyrifos administered to CD-1 mice in the diet. Rapport non publié, Dow Chemical Co. (1980), revu au renvoi 12.
24. Poole, D.C., Simmon, V.F. et Newell, G.W. In vitro mutagenic activity of fourteen pesticides. *Toxicol. Appl. Pharmacol.*, 41: 196 (1977).
25. Deacon, M.M., Murray, J.S., Pilney, M.K., Dittenber, D.A., Hanley T.R., Jr. et John, J.A. The effects of orally administered chlorpyrifos on embryonal and foetal development in mice. Rapport non publié, Dow Chemical Co. (1979).