



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

CHLORPYRIFOS

Le chlorpyrifos ($C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$), que l'on appelle également chlorpyrifos-éthyl, est un insecticide organophosphoré à large spectre. Il porte le nom et le numéro de registre CAS suivants : *o, o*-diéthyl-*o*-(3, 5, 6-trichloro-2-pyridinyl) phosphorothioate et 2921-88-2, respectivement. Le chlorpyrifos est un solide cristallin incolore qui est vendu sous divers noms commerciaux, dont Dursban et Lorsban.

En agriculture, les emplois homologués du chlorpyrifos visent la lutte contre de nombreux insectes parasites de l'orge, du blé, de l'avoine et d'une vaste gamme de légumes potagers (Agriculture Canada et Environnement Canada, 1990; Agriculture et Agro-alimentaire Canada, 1997). Outre ces usages agricoles, le chlorpyrifos est également utilisé pour détruire les insectes ravageurs dans le gazon et les plantes ornementales ainsi que dans les zones non vivrières des quartiers résidentiels, les cliniques vétérinaires et les aires d'entreposage commercial ou de transformation (Agriculture et Agro-alimentaire Canada, 1997).

Le chlorpyrifos peut être administré par voie percutanée, par ingestion ou par inhalation et est métabolisé en chlorpyrifos-oxone, la forme active du produit. Chez les insectes, la chlorpyrifos-oxone phosphorolyse le site actif de l'acétylcholinestérase (AChE), perturbant ainsi la transmission normale des influx nerveux et entraînant une surstimulation du système nerveux périphérique et, en bout de ligne, des convulsions, la paralysie et la mort (Barron et Woodburn, 1995).

Le chlorpyrifos est rapidement absorbé, métabolisé et éliminé par la plupart des vertébrés (Key et Fulton, 1993). Ainsi, chez des bovins ayant reçu $3 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de chlorpyrifos par jour pendant 30 jours, des résidus de métabolites et de chlorpyrifos (TCP) de $<0,01$, de 0,08, de 0,23 et de $0,15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ont été décelés dans les muscles, le tissu adipeux, le foie et les reins, respectivement (Dishburger et coll., 1977). Chez des vaches laitières Holstein en lactation ayant reçu $30 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de chlorpyrifos pendant 14 jours, des concentrations maximales de chlorpyrifos et de résidu de TCP de 0,02 et de $0,1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ont été mesurées dans le lait et la crème, respectivement (McKellar et coll., 1976). Des porcs ayant reçu des doses de $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de produit présentaient des concentrations en chlorpyrifos et en

résidus de TCP de 0,03, de 0,39, de 0,32 et de $0,16 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dans les muscles, le tissu adipeux, le foie et les reins, respectivement (McKellar et coll., 1972). Chez des poulets ayant reçu $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de chlorpyrifos pendant 30 jours, des concentrations de chlorpyrifos et de résidu de TCP de $<0,01$, de 0,06, de 0,25 et de $0,84 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ont été décelées dans les muscles et les œufs, le tissu adipeux, le foie et les reins, respectivement (Dishburger et coll., 1972). Des résidus de chlorpyrifos atteignant $11 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ de lipide ont été décelés dans 430 des 832 ailes de colins de Virginie (*Colinus virginianus*) sauvages en liberté analysées dans l'État de Virginie entre 1982 et 1986 (Stinson et coll., 1989).

Pour de plus amples renseignements sur les usages, les concentrations dans l'environnement et les propriétés chimiques du chlorpyrifos, consulter le feuillet d'information sur ce produit au chapitre 4 des *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*.

Élaboration des recommandations pour la qualité des eaux

La recommandation canadienne pour la qualité des eaux établie pour le chlorpyrifos aux fins de la protection de l'eau d'abreuvement du bétail a été élaborée selon le protocole du CCME (CCME, 1993).

Eau d'abreuvement du bétail

Le chlorpyrifos est modérément toxique pour les mammifères, les DL_{50} aiguës orales variant entre 62 et $504 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ pour la souris et le cobaye, respectivement (Taylor et Olsen, 1963; McCollister et coll., 1974). Les

Tableau 1. Recommandations pour la qualité des eaux établie pour le chlorpyrifos aux fins de la protection de utilisations agricoles de l'eau (CCME, 1997).

Utilisation	Recommandation ($\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)
Eau d'irrigation	Néant*
Eau d'abreuvement du bétail	24^\dagger

* Aucune recommandation n'a été formulée.

† Recommandation provisoire.

DL₅₀ aiguës orales varient entre 82 et 155 mg·kg⁻¹ pour le rat femelle et entre 118 et 245 mg·kg⁻¹ pour le rat mâle (Gaines, 1969; McCollister et coll., 1974). Des rats adultes ayant reçu par voie sous-cutanée une dose de chlorpyrifos de 280 mg·kg⁻¹ ont présenté une baisse de température centrale de courte durée, une élévation prolongée de la fréquence cardiaque et une diminution à long terme de l'activité cérébrale et de l'activité du cholinestérase (ChE) plasmatique. La DL₅₀ sous-cutanée pour des rats âgés de 1 jour est de 5 à 11 mg·kg⁻¹ (Whitney et coll., 1995). Des rats nouveau-nés âgés de 3, de 10 et de 12 jours auxquels on a administré par voie intrapéritonéale du Dursban à raison de 0,1 et 0,3 mg·kg⁻¹ par jour ne présentaient aucune modification comportementale ni altération de l'habileté motrice (Muto et coll., 1992). À la dose la plus élevée, tous les groupes d'âges affichaient toutefois des effets neurotoxiques. Chez des rats de type Sprague-Dawley ayant reçu des doses de chlorpyrifos de 50 mg·kg⁻¹ par jour, l'activité du ChE et de l'aminopyrine N-déméthylase sérique aurait diminué de 82 et de 18 %, respectivement, tandis que les protéines microsomales, l'activité du glutathione S-transférase (GST) cytosolique et le cytochrome P₄₅₀ auraient augmenté de 19, de 54 et de 18 %, respectivement (Vodola et Dalvi, 1995). L'augmentation de l'activité du glutathione S-transférase semble indiquer que cette enzyme médie la détoxification du chlorpyrifos.

Des données sur la toxicité aiguë orale sont également disponibles pour de nombreuses espèces d'oiseaux. Les valeurs de toxicité aiguë orale monodose (DL₅₀) du chlorpyrifos varient entre 3,2 mg·kg⁻¹ pour le carouge à épauettes (*Agelaius phoeniceus*) et 157 mg·kg⁻¹ pour la tourterelle rieuse (*Streptopelia risoria*) (Schafer, 1972; Hill et Camardese, 1986). Le poulet (*Gallus gallus*) est l'animal de ferme le plus sensible, la DL₅₀ orale étant de 25 mg·kg⁻¹ dans le cas du poussin (Sherman et coll., 1967). Chez le canard colvert (*Anas platyrhynchos*), des CME0-5 j de 0,3 et de 9,9 mg·kg⁻¹ ont été enregistrées en fonction d'une inhibition de l'activité de l'AChE sanguine ainsi que d'une réduction de la consommation d'aliments et d'une prise pondérale, respectivement (Shellenberger, 1970). Des alouettes cornues (*Eremophila alpestris*) capturées dans des champs de blé pulvérisés au chlorpyrifos à raison de 0,56 et de 1,0 kg·ha⁻¹ présentaient des réductions de 23 et de 18 %, respectivement, de l'activité du ChE cérébral mesurée 3 et 9 jours après le traitement (McEwen et coll., 1986). Chez le colin de Virginie juvénile, le stress dû au froid intensifie l'inhibition de l'activité de l'AChE déterminée par le chlorpyrifos, mais non au point d'avoir un effet sur la survie des jeunes (Maguire et Williams, 1987).

Des données sur la toxicité subchronique et chronique sont disponibles pour les bovins laitiers, le chien, le rat et plusieurs espèces d'oiseaux. Des vaches Jersey en lactation nourries pendant 7 semaines de maïs provenant d'un champ traité au Dursban (concentré émulsionnable) à raison de 0,3 à 1,1 kg·ha⁻¹ ont consommé des doses moyennes de 0,04 à 0,17 mg·kg⁻¹ par jour de chlorpyrifos. À ces doses, aucune variation n'a été observée dans la production de lait, mais à une dose quotidienne de 0,17 mg·kg⁻¹, l'activité du ChE aurait légèrement diminué (Johnson et coll., 1969). La QSEO et la QMEO alimentaire de 2 ans pour ce qui est de la diminution de l'activité du ChE plasmatique sont de 0,03 et de 0,1 mg·kg⁻¹ par jour, respectivement, pour le beagle, et de 0,1 et de 1 mg·kg⁻¹ par jour, respectivement, pour le rat albinos (McCollister et coll., 1974). De même, le rat mâle et le rat femelle présentent des QSEO-2 ans de 0,1 mg·kg⁻¹ par jour pour ce qui est du poids corporel, de la consommation d'aliments, de l'hématologie, de la chimie médicale et des électrolytes, du plasma, de l'inhibition de l'activité du ChE cérébral et hématique, des analyses d'urine ainsi que de l'examen macroscopique et histopathologique des tissus (Young et Grandjean, 1988). Toujours chez les rats, la QMEO est de 1,0 mg·kg⁻¹ par jour pour les mâles et les femelles, les mâles montrant une augmentation du poids corporel et une inhibition de l'activité du ChE plasmatique et hématique et les femelles, uniquement une inhibition de l'activité du ChE hématique (Young et Grandjean, 1988). L'espèce avienne la plus tolérante à une exposition alimentaire au chlorpyrifos est le colin de Virginie, chez lequel la CL₅₀-28 j s'établit à 1100 mg·kg⁻¹ d'aliments (Shirazi et coll., 1994). Le poulet présente une CME0-21 j (prise pondérale) de 200 mg·kg⁻¹ d'aliments et une QSEO-32 semaines (poids corporel et poids du foie) de 1 mg·kg⁻¹ (Sherman et coll., 1967; Miyazaki et Hodgson, 1972). Chez des canards colverts de 7 mois, de 11 mois et adultes nourris pendant 1 an d'aliments traités à raison de 80 mg·kg⁻¹ de chlorpyrifos, on a observé une perte pondérale, une baisse de la production d'œufs, une diminution de l'épaisseur de la coquille des œufs, une réduction du poids des œufs et une inhibition de l'activité de l'AChE cérébrale (Gile et Meyers, 1986).

La toxicité du chlorpyrifos pour les fœtus des mammifères est maximale lorsque l'exposition se situe aux premiers stades de la gestation. Ainsi, des doses de Dursban administrées par voie intrapéritonéale à des rates gravides à raison de 0,03 à 0,3 mg·kg⁻¹ par jour du jour 0 au jour 7 de la gestation ont augmenté le taux de mortalité (jusqu'à 75 %) et le nombre d'anomalies physiques (jusqu'à 65 %) chez les nouveau-nés. Cependant, lorsque

ces doses étaient administrées du jour 7 au jour 21 de la gestation, les taux de mortalité des nouveau-nés variaient entre 17 et 38 %, et des anomalies physiques n'étaient observées qu'à la plus forte dose (Muto et coll., 1992). Des souris gravides auxquelles on a administré 25 mg·kg⁻¹ par jour de chlorpyrifos du jour 6 au jour 15 de la gestation ont montré une toxicité maternelle grave, même si les fœtus ne présentaient que de légères variantes osseuses et une diminution des mesures corporelles (Deacon et coll., 1980). Quast et coll. (1993) ont enregistré des QSEO de 5,0, de 1,0 et de 0,1 mg·kg⁻¹ par jour pour ce qui est des effets sur la reproduction, les nouveau-nés et les parents, respectivement. Chez des embryons de rats, la CE₅₀ fondée sur l'inhibition de la différenciation dans des cultures de cellules du mésencéphale est de 29 mg·L⁻¹ pour le chlorpyrifos commercial et varie de 16 à 22 mg·L⁻¹ pour le chlorpyrifos de qualité technique (Cosenza et Bidanset, 1995).

Suffisamment de données sont disponibles pour que l'on puisse déduire une recommandation canadienne provisoire pour la qualité des eaux visant la protection de l'eau d'abreuvement du bétail. Une DJA a été calculée pour chaque espèce sur laquelle des données toxicologiques acceptables étaient disponibles. La DJA correspond au quotient de la moyenne géométrique de la QMEO et de la QSEO par un facteur d'incertitude. La DJA la plus faible qui soit significative du point de vue toxicologique, soit 0,032 mg·kg⁻¹ par jour, a été calculée pour des rats présentant une QMEO et une QSEO (diminution de l'activité du ChE) de 1,0 et de 0,1 mg·kg⁻¹ par jour, respectivement (Young et Grandjean, 1988). Comme il s'agit ici d'une recommandation provisoire, on a déduit une CR en multipliant cette DJA pour le rat par le plus faible rapport du poids corporel au taux d'ingestion d'eau, soit celui des poulets Leghorn (3,8). Pour tenir compte des sources d'exposition au chlorpyrifos autres que l'eau, on a multiplié la CR la plus faible (0,12 mg·L⁻¹) par un facteur de répartition de 0,2, ce qui a donné une recommandation provisoire pour la qualité des eaux visant la protection du bétail de 24 µg·L⁻¹ (CCME, 1993, 1997).

Références

- Agriculture et Agro-alimentaire Canada. 1997. Renseignements et informations sur les produits antiparasitaires. Base de données RIPA, (disque CCINFO). Issue 97-3. Produite par Agriculture et Agro-alimentaire Canada et distribuée par le centre canadien d'hygiène et de sécurité du travail. CD-ROM.
- Agriculture Canada et Environnement Canada. 1990. Pesticide registrant survey 1990 report. Agriculture Canada, Direction des pesticides, et Environnement Canada, Direction des produits chimiques commerciaux, Ottawa.
- Barron, M.G. et K.B. Woodburn. 1995. Ecotoxicology of chlorpyrifos. *Rev. Environ. Contam. Toxicol.* 144:1-93.
- CCME (Conseil canadien des ministres de l'environnement). 1993. Annexe XV — Méthode d'élaboration des recommandations pour la qualité des eaux : protection des utilisations agricoles (octobre 1993), dans *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada*, Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement. 1987. Préparée par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux. [Mise à jour et reprise avec de légères modifications de fond et d'autres au niveau de la forme dans *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement*, chapitre 5, Conseil canadien des ministres de l'environnement, 1999, Winnipeg.]
- . 1997. Annexe XXIII — Recommandations pour la qualité des eaux au Canada : mise à jour (juin 1997), arsenic, bromacil, carbaryl, chlorpyrifos, deltaméthrine et glycols, dans *Recommandations pour la qualité des eaux au Canada*, Conseil canadien des ministres des ressources et de l'environnement. 1987. Préparée par le Groupe de travail sur les recommandations pour la qualité des eaux.
- Cosenza, M.E. et J. Bidanset. 1995. Effects of chlorpyrifos on neuronal development in rat embryo midbrain micromass cultures. *Vet. Hum. Toxicol.* 37:118-121.
- Deacon, M.M., J.S. Murray, M.K. Pilny, K.S. Rao, D.A. Dittenber, T.R. Hanley, Jr. et J.A. John. 1980. Embryotoxicity and fetotoxicity of orally administered chlorpyrifos in mice. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 54:31-40.
- Dishburger, H.J., R.L. McKellar et J.H. Wetters. 1972. Residues of chlorpyrifos and 3,5,6-trichloro-2-pyridinol in tissues and eggs from chickens fed chlorpyrifos. Report GHC-555, Dow Chemical Co., Midland, MI. Inédit. (Cité dans Kenaga 1974.)
- Dishburger, H.J., R.L. McKellar, J.Y. Pennington et J.R. Rice. 1977. Determination of residues of chlorpyrifos, its oxygen analogue and 3,5,6-trichloro-2-pyridinol in tissues of cattle fed chlorpyrifos. *J. Agric. Food Chem.* 25(6):1325-1329.
- Gaines T.B. 1969. Acute toxicity of pesticides. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 14:515-534.
- Gile J.D. et S.M. Meyers. 1986. Effect of adult mallard age on avian reproductive tests. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 15:751-756.
- Hill, E.F. et M.B. Camardese. 1986. Lethal dietary toxicities of environmental contaminants and pesticides to *Coturnix*. U.S. Fish Wildl. Serv. Fish Wildl. Tech. Rep. 2. U.S. Department of the Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, DC.
- Johnson, Jr, J.C., M.C. Bowman et D.B. Leuck. 1969. Responses from cows fed silages containing dursban residues. *J. Dairy Sci.* 52:1253-1258.
- Kenaga, E.E. 1974. Evaluation of the safety of chlorpyrifos to birds in areas treated for insect control. *Residue Rev.* 50:1-41.
- Key, P.B. et M.H. Fulton. 1993. Lethal and sublethal effects of chlorpyrifos exposure on adult and larval stages of the grass shrimp, *Palaemonetes pugio*. *J. Environ. Sci. Health B28(5):*621-640.
- Maguire, C.C. et B.A. Williams. 1987. Cold stress and acute organophosphorus exposure: Interaction effects on juvenile northern bobwhite. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 16:477-481.
- McCollister, S.B., R.J. Kociba, C.G. Humiston, D.D. McCollister et P.J. Gehring. 1974. Studies of the acute and long-term oral toxicity of chlorpyrifos (*o,o*-diethyl-*o*-[3,5,6-trichloro-2-pyridyl] phosphorothioate). *Food Cosmet. Toxicol.* 12:45-61.
- McEwen, L.C., L.R. DeWeese et P. Schladweiler. 1986. Bird predation of cutworms (Lepidoptera: Noctuidae) in wheat fields and chlorpyrifos effects on brain cholinesterase activity. *Environ. Entomol.* 15:147-151.
- McKellar, R.L., J.H. Wetters et H.J. Dishburger. 1972. Residues of chlorpyrifos and 3,5,6-trichloro-2-pyridinol in tissues of swine fed

- chlorpyrifos. Report GH-C-549, Dow Chemical Co., Midland, MI. Inédit. (Cité dans Marshall and Roberts 1978.)
- McKellar, R.L., H.J. Dishburger, J.R. Rice, L.F. Craig et J. Pennington. 1976. Residues of chlorpyrifos, its oxygen analogue, and 3,5,6-trichloropyridinol in milk and cream from cows fed chlorpyrifos. *J. Agric. Food Chem.* 24(2):283-286.
- Miyazaki, S. et G.C. Hodgson. 1972. Chronic toxicity of Dursban and its metabolite, 3,5,6-trichloro-2-pyridinol in chickens. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 23:391-398.
- Muto, M.A., F. Lobell, Jr., J.H. Bidanset et J. N.D. Wurpel. 1992. Embryotoxicity and neurotoxicity in rats associated with prenatal exposure to Dursban. *Vet. Hum. Toxicol.* 34(6):498-501.
- Quast, J.F., A.B. Liberacki et W.J. Breslin. 1993. Chlorpyrifos insecticide: Two-generational dietary reproduction study in Sprague-Dawley rats. *Toxicologist* 13:372.
- Schafer, E.W. 1972. The acute oral toxicity of 369 pesticidal, pharmaceutical and other chemicals to wild birds. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 21:315-330.
- Shellenberger, T.E. 1970. Toxicological evaluations of DOWCO 214 with wildlife and DOWCO 179 with mallard ducklings. Dow Chemical Company, Midland, MI. Inédit. (Cité dans Kenaga 1974.)
- Sherman, M., R.B. Herrick, E. Ross et M.T.Y. Chang. 1967. Further studies on the acute and subacute toxicity of insecticides to chicks. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 11:49-67.
- Shirazi, M.A., R.S. Bennett et R.K. Ringer. 1994. An interpretation of toxicity response of bobwhite quail with respect to duration of exposure. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 26:417-424.
- Stinson, E.R., P.R. Scanlon, R.L. Kirkpatrick, R.W. Young, J.V. Gwynn et I.L. Kenyon. 1989. Organochlorine and organophosphate residues in northern bobwhites from Virginia, dans: *Pesticides in terrestrial and aquatic environments, Proceedings of a National Research Conference*, D.L. Weigmann, éd. Mai 11-12, 1989, Blacksburg, VA.
- Taylor, M.L. et K.J. Olsen. 1963. Toxicological properties of *o,o*-diethyl *o*-3,5,6-trichloro-2-pyridyl phosphorothioate. Dow Chemical Co., Biochemical Research Laboratory, Midland, MI. (Cité dans Marshall et Roberts 1978.)
- Vodela, J.K. et R.R. Dalvi. 1995. Comparative toxicological studies of chlorpyrifos in rats and chickens. *Vet. Hum. Toxicol.* 37:1-3.
- Whitney, K.D., F.J. Seidler et T.A. Slotkin. 1995. Developmental neurotoxicity of chlorpyrifos: cellular mechanisms. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 134:53-62.
- Young, J.T. et M. Grandjean. 1988. Chlorpyrifos: 2-year dietary chronic toxicity-oncogenicity study in Fischer-344 rats. Dow Chemical Co., Lake Jackson Research Center, Freeport, TX. Inédit.

Comment citer ce document :

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 1999. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection des utilisations de l'eau à des fins agricoles — chlorpyrifos, 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