



Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique

CARBARYL

Le carbaryl (numéro de registre CAS 63-25-2) est un insecticide du groupe des carbamates qui exerce des effets toxiques en inhibant la cholinestérase. Il s'agit d'un solide cristallin blanc et incolore, dont la formule chimique est $C_{12}H_{11}NO_2$, et la masse moléculaire, $201 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ (PISSC, 1994).

Introduit en 1956, le carbaryl est le premier insecticide du groupe des carbamates à avoir été commercialisé avec succès pour utilisation domestique et agricole. Le titulaire d'homologation actuel du carbaryl de qualité technique est Bayer CropScience; l'insecticide est homologué au Canada, aux États-Unis, à Madagascar, en Afrique du Sud, en Tanzanie, en Australie, en Inde, en Nouvelle-Zélande, aux Philippines, en Hongrie, au Portugal et au Royaume-Uni. Au Canada, le carbaryl est homologué et vendu dans diverses préparations commerciales : poudres, appâts en poudre, granules, concentrés solubles, poudres mouillables et bouillies de pulvérisation prêtes à l'emploi (ARLA, 2007).

Usages : Le carbaryl est un insecticide à large spectre utilisé en agriculture pour lutter contre les organismes nuisibles associés aux cultures; il est aussi utilisé à des fins domestiques sur les pelouses et dans les jardins et pour la suppression des puces et des poux chez les animaux de compagnie (CCOHS, 2008). Le carbaryl permet de lutter contre plus de 100 insectes qui s'attaquent aux cultures, dont les fruits, les noix, les arbres d'ornement et d'ombrage, ainsi qu'à la volaille et au bétail (EXTOXNET, 1993).

L'ARLA a homologué le carbaryl pour des applications par saupoudrage et par pulvérisation aérienne et au sol. Les taux d'application dépendent de l'organisme visé et de la préparation. Les taux d'application du Sevin SL (43 % d'ingrédient actif technique) varient de $1,25$ à $6,4 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ pour les cultures légumières, de 2 à $5,25 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ pour le tabac et de $2\,000$ à $3\,000 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ (pulvérisation diluée) et de 300 à $1\,000$ et 100 à $200 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ (pulvérisation concentrée et aérienne respectivement), pour les fruits de verger (ARLA, 2007). Les volumes de pulvérisation habituels du Chipco Sevin RP2 (22,5 % d'ingrédient actif technique) varient de 800 à $1\,600 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ pour les cultures légumières et de $1\,000$ à $3\,400 \text{ L}\cdot\text{ha}^{-1}$ pour les petits fruits (ARLA, 2007).

Rejets dans l'environnement : Une application directe de carbaryl sur le sol, la végétation et les animaux peut entraîner l'exposition d'organismes non visés. Au Canada, le carbaryl n'est pas homologué pour son application directe dans l'eau. Il peut pénétrer dans le milieu aquatique par dérive de la pulvérisation et ruissellement après l'application. Les déversements accidentels, le rejet de résidus de réservoir ou le lavage de l'équipement d'application peuvent accroître temporairement les concentrations de carbaryl dans l'environnement.

Devenir, comportement et répartition : Le carbaryl de qualité technique est lipophile et légèrement soluble dans l'eau, sa solubilité étant de $40 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ à 30 °C (PISSC, 1993). Il est soluble dans l'éthanol, l'éther de pétrole, l'oxyde de diéthyle, le chloroforme et le diméthylsulfoxyde, et modérément soluble dans les huiles de pétrole, le diméthylformamide, l'acétone, l'isophorone et le cyclohexanone. Le taux d'hydrolyse du carbaryl est fortement influencé par le pH. À un pH de 7, la demi-vie du carbaryl varie de 10 à 16 jours; à un pH supérieur à 8, elle est de quelques heures, tandis qu'à un pH de 6, elle est de 406 jours (PISSC, 1994). Les principaux produits de l'hydrolyse du carbaryl dans l'eau sont le 1-naphthol et le dioxyde de carbone. Dans les eaux de surface, le carbaryl peut être dégradé par les bactéries (EXTOXNET, 1993).

Tableau 1. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux (RCQE) : protection de la vie aquatique - carbaryl ($\mu\text{g m}\cdot\text{a}\cdot\text{L}^{-1}$)

	Exposition à long terme	Exposition à court terme
Eaux douces	0,20*	3,3 **
Eaux marines	0,29*	5,7*

* Valeur calculée à partir des doses produisant un effet faible, selon la méthode du paramètre dont la valeur est la plus faible.

** Valeur calculée à partir des données sur la CL_{50} , selon la méthode de la DSE.

La vitesse de dégradation du carbaryl dans le sol dépend de divers facteurs environnementaux tels que le type de sol, l'aération et la température du sol. À température ambiante (23 à 25 °C) et en conditions aérobies, la demi-vie du carbaryl est de 11 jours dans les sols à texture fine

et de 21 à 27 jours dans les sols à texture grossière. Elle double à une température de 15 °C (Khasawinah, 1978). Le carbaryl se volatilise peu à partir des sols humides et des eaux de surface, selon sa constante de la loi de Henry qui est égale à $5,3 \times 10^{-6}$ (PISSC, 1994). La valeur moyenne d'adsorption K_{co} du carbaryl au loam limoneux-argileux, au loam sableux, aux sédiments et au loam argileux était de 211, tandis que la valeur moyenne de désorption K_{co} correspondante était de 624. D'après les valeurs de K_{co} utilisées pour prédire le potentiel de lessivage, le carbaryl est modérément mobile dans le loam limoneux-argileux, le loam sableux, les sédiments et le loam argileux. Dans les sols sableux à faible teneur en matière organique, sa mobilité devrait être élevée étant donné que les valeurs de désorption K sont positivement corrélées au pourcentage de matière organique (Skinner, 1994).

Le carbaryl est peu susceptible de se bioaccumuler en concentrations importantes dans les organismes aquatiques. Les facteurs de bioconcentration signalés dans le cas des poissons d'eau douce sont compris entre 14 et 75 (PISSC, 1994). Étant donné que le carbaryl est rapidement métabolisé et dégradé et que le coefficient de partage octanol/eau est faible ($\log K_{oc} = 1,59$ à $2,3$), la possibilité de bioaccumulation dans les eaux alcalines est probablement peu élevée; toutefois, elle est plus élevée en conditions neutres, car la demi-vie du carbaryl augmente (EXTOXNET, 1993).

Méthodes d'analyse : Les méthodes d'analyse utilisées pour déterminer les concentrations de carbaryl et de ses métabolites sont fondées en majeure partie sur la séparation par chromatographie, dont la chromatographie gaz-liquide (CGL), la chromatographie en couche mince et la chromatographie liquide à haute performance à l'aide de divers détecteurs comme les détecteurs UV, les détecteurs à spectrométrie de masse (SM) et les détecteurs à barrettes de diode (Zhu *et al.*, 2008). Les limites de détection de ces méthodes sont inférieures à $0,001 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ et le taux de récupération est généralement supérieur à 80 % (PISSC, 1994). Il existe de nouvelles méthodes plus économiques et efficaces : la chimiluminescence (limite de détection de $0,0039$ à $0,0367 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), le dosage immunoenzymatique (limite de détection de $10 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) et les biocapteurs (limite de détection de $30 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) (Perez-Ruiz *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2005; Suwansa-ard *et al.*, 2005).

Concentrations ambiantes : La présence et les concentrations de pesticides d'intérêt prioritaire dans certains écosystèmes aquatiques du Canada ont été examinées dans le cadre d'un projet du Fonds scientifique

sur les pesticides d'Environnement Canada. Des activités de surveillance du carbaryl ont été menées dans les régions de l'Atlantique et du Québec entre 2003 et 2005. Aucune concentration de carbaryl n'a été décelée dans les eaux de surface du Nouveau-Brunswick, de l'Île-du-Prince-Édouard et de la Nouvelle-Écosse (limites de détection non précisées). Aucune concentration détectable de l'insecticide n'a été mesurée dans les eaux de surface de la région du Québec au cours de l'étude; les limites de détection variaient de $0,01$ à $0,03 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (Cantox Environmental, 2006). Entre 1998 et 2006, le gouvernement du Québec a mesuré les concentrations de pesticides dans le fleuve Saint-Laurent et dans certains de ses tributaires, soit les rivières L'Assomption, Bayonne, Maskinongé et du Loup. En 2006, la présence de carbaryl a été détectée à une fréquence de 3 % dans la rivière Bayonne et de 4 % dans la rivière Maskinongé. En juillet 2006, la concentration de carbaryl mesurée dans la rivière Maskinongé était de $0,07 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ (limite de détection de la méthode = $0,07 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$) (Giroux, 2007).

Mode d'action : Le mode d'action primaire de la toxicité des pesticides du groupe des carbamates, comme le carbaryl, est l'inhibition de la cholinestérase (ChE). La dégradation du neurotransmetteur acétylcholine est inhibée; il s'ensuit une accumulation d'acétylcholine et une stimulation excessive du système nerveux central. Les effets sur les organismes nuisibles sont exacerbés après l'ingestion de carbaryl dans l'estomac ou son absorption par contact direct. Les principales voies métaboliques sont l'hydrolyse et l'hydroxylation des cycles, et le principal produit de dégradation est le 1-naphthol (PISSC, 1993).

Toxicité : Dans les sections suivantes, toutes les concentrations de carbaryl exprimées en $\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ renvoient aux concentrations de matière active (m.a.) par litre. En général, les invertébrés sont plus sensibles à l'exposition au carbaryl que les vertébrés, les amphibiens, les plantes et les algues, ce qui est normal compte tenu de la toxicité sélective du carbaryl pour les insectes.

Les valeurs de toxicité à court terme pour les poissons d'eau douce étaient comprises entre une $CL_{50-48 \text{ h}}$ de $15,83 \mu\text{g m.a.}\cdot\text{L}^{-1}$ pour le tête-de-serpent tacheté (*Channa punctata*) et une $TL_m-24 \text{ h}$ de $>32\,000 \mu\text{g m.a.}\cdot\text{L}^{-1}$ pour la tête-de-boule (*Pimephales promelas*) (Bhattacharya, 1993; Henderson *et al.*, 1960). D'autres symptômes physiologiques de la toxicité à court terme du carbaryl ont été observés : variation du taux de consommation d'oxygène chez *Tilapia mossambica* exposé au tiers de la CL_{50} ($5\,495 \mu\text{g m.a.}\cdot\text{L}^{-1}$) après 48 heures, ralentissement du rythme cardiaque chez la truite arc-en-ciel

(*Oncorhynchus mykiss*) exposée à une CL₉₅ après 24 et 48 heures, accumulation d'acide lactique dans divers tissus du *Clarias batrachus* exposé à des concentrations sublétales de carbaryl, lésions neurologiques chez le medaka (*Oryzias latipes*) au stade juvénile exposé à des concentrations sublétales de carbaryl (Basha *et al.*, 1984; McKim *et al.*, 1987; Sharma, 1995; Carlson *et al.*, 1998).

Les valeurs de toxicité à long terme pour les poissons d'eau douce exposés au carbaryl étaient comprises entre une CL₂₀₋₉ mois de 32,46 µg m.a.·L⁻¹ et une CMEO après 7 jours de 4 000 µg m.a.·L⁻¹, pour des effets sur la croissance de la tête-de-boule (*Pimephales promelas*) (Carlson, 1971). Sastry *et al.* (1988) ont exposé le tête-de-serpent tacheté (*Channa punctatus*) au carbaryl à raison de 10 500 µg m.a.·L⁻¹ pendant 96 heures et de 1 050 µg m.a.·L⁻¹ pendant 120 jours. Au cours de ces deux expositions, les poissons étaient hyperglycémiques et hyperlactémiques, et les niveaux de glycogène dans le foie et les muscles avaient diminué. D'autres effets hématologiques et enzymatiques ont été signalés : modification des niveaux d'acide lactique et variation des activités hexokinase, lactate déshydrogénase, pyruvate déshydrogénase et succinate déshydrogénase dans divers tissus (Sastry *et al.*, 1988).

Une CSEO-96 h de 3,4 µg m.a.·L⁻¹ entraînant la mort de la perle (*Chloroperla grammatica*) au stade larvaire figure parmi les paramètres les plus sensibles pour une courte exposition d'espèces d'invertébrés d'eau douce au carbaryl (Schafers, 2002). La CL₅₀ la plus faible pour un invertébré était de 4,075 µg m.a.·L⁻¹ chez un cladocère adulte (*Bosmina fatalis*), après une exposition de 24 heures (Sakamoto *et al.*, 2005). L'espèce la plus tolérante était le protozoaire *Paramecium aurelia*, avec une CL₅₀₋₂₄ h de 46 000 µg m.a.·L⁻¹ (Edmiston *et al.*, 1984), suivi de la ligumie *Ligumia subrostrata*, avec une CL₅₀₋₂₄ h de 43 100 µg m.a.·L⁻¹ au stade glochidie, et de la moule *Utterbackia imbecellus*, avec une CL₅₀₋₂₄ h de 40 200 µg m.a.·L⁻¹ au stade glochidie (Milam *et al.*, 2005). La libellule *Xanthocnemis zealandica* a été exposée au carbaryl pendant 48 heures à différents stades; le deuxième stade larvaire s'est révélé le plus sensible (CL₅₀₋₄₈ h de 156,6 µg m.a.·L⁻¹) et le dixième, le plus tolérant (CL₅₀₋₄₈ h de 770 µg m.a.·L⁻¹). De façon générale, les invertébrés aux premiers stades étaient plus sensibles (Hardersen et Wratten, 2000).

Plusieurs espèces d'invertébrés ont montré une grande sensibilité au carbaryl après une exposition à long terme, dont le zooplancton *Daphnia ambigua*, avec une CE₅₀ de 2 µg m.a.·L⁻¹ après exposition aux stades larvaires 1 à 6,

pour des effets sur la survie (Hanazato, 1991). Chez *Daphnia magna*, une CMAT après 21 jours de plus de 3,3 µg m.a.·L⁻¹ a eu des effets sur la survie et la reproduction des adultes (Springborn Bionomics, 1985), et chez *Daphnia galeata*, une CI₇₀ après 7 jours de 5 µg·L⁻¹ a eu des effets sur l'abondance (Havens, 1995). Le moucheron *Chironomus riparius* a montré une plus grande tolérance, avec une CSEO-28 jours de 147,25 µg m.a.·L⁻¹ et une CMEO-28 jours de 318,31 µg m.a.·L⁻¹, pour des effets sur le développement larvaire (Ebeling et Radix, 2002).

Chez les amphibiens, l'espèce la plus sensible à la toxicité à court terme du carbaryl était le xénope (*Xenopus laevis*) d'Afrique du Sud, avec une CE₅₀₋₂₄ h de 110 µg m.a.·L⁻¹ ayant des effets sur le développement (Elliott-Feeley et Armstrong, 1982); l'espèce la plus tolérante était la grenouille verte (*Rana clamitans*), avec des CL₅₀ à court terme chez les têtards comprises entre 11 320 et 26 010 µg m.a.·L⁻¹. Dans un essai de toxicité à long terme, la rainette versicolore (*Hyla versicolor*) s'est révélée l'espèce la plus sensible, avec une CE₆₀₋₁₀ jours de 50 µg m.a.·L⁻¹ ayant des effets sur la survie des têtards (Relyea et Mills, 2001).

Les données sur la toxicité à court et à long terme du carbaryl pour les plantes sont limitées. La laitue d'eau (*Pistia stratiotes*) et l'ipomée aquatique (*Ipomoea aquatica*) avaient une CE₅₀₋₉₆ h pour la teneur en chlorophylle de 785 000 et 996 000 µg m.a.·L⁻¹, respectivement (Booyawanich *et al.*, 2001). Le paramètre le plus sensible pour une exposition à long terme était une CE₁₀₋₅ jours de 140 µg m.a.·L⁻¹ chez l'algue bleue (*Anabaena flos-aquae*) (Lintott, 1992b); le paramètre le moins sensible était une CI₄₈ de 5 000 µg m.a.·L⁻¹ chez l'algue verte (*Scenedesmus bijugatus*) (Megharaj *et al.*, 1989).

Les données sur la toxicité pour les espèces marines sont limitées. Le poisson le plus sensible ayant été étudié dans des conditions de toxicité aiguë en eau salée était le bar rayé (*Morone saxatilis*), avec une CL₅₀₋₉₆ h de 2 300 µg m.a.·L⁻¹ (Palawski *et al.*, 1985), et le moins sensible était le gambusie (*Gambusia affinis*), avec une TL_{m-96} h de 31 800 µg m.a.·L⁻¹ (Chaiyarach *et al.*, 1975). Chez les invertébrés marins, l'espèce la plus sensible était le protozoaire *Euplotes sp.*, avec une CL₅₀₋₂₄ h de 1 µg m.a.·L⁻¹ (Weber *et al.*, 1982), et la moins sensible était le mollusque *Rangia cuneata*, avec une TL_{m-96} h de 125 000 µg m.a.·L⁻¹ (Chaiyarach *et al.*, 1975).

Facteurs influant sur la toxicité : On ne possède pas assez de données sur les effets du pH, de la température, de la dureté et du rayonnement UV sur la toxicité du carbaryl pour établir avec fiabilité des profils d'effets influant sur la toxicité ou pour normaliser les données sur la toxicité.

Élaboration des recommandations pour la qualité des eaux : Les recommandations canadiennes pour la qualité des eaux (RCQE) relatives au carbaryl en vue de la protection de la vie aquatique dulcicole pour une exposition de courte et de longue durée ont été élaborées selon le protocole du CCME (CCME, 2007). La recommandation pour une exposition à court terme a été élaborée à l'aide de la méthode statistique de type A fondée sur la distribution de la sensibilité des espèces (DSE). La recommandation pour une exposition à long terme a été élaborée à l'aide de la méthode du paramètre dont la valeur est la plus faible (type B2). Des recommandations canadiennes pour la qualité des eaux (RCQE) en vue de la protection de la vie aquatique pour une exposition à court et à long terme en milieu marin ont aussi été élaborées à l'aide de la méthode du paramètre dont la valeur est la plus faible (type B2).

Recommandations pour la qualité de l'eau pour une exposition de courte durée: Les recommandations pour une courte exposition renseignent sur les impacts des événements graves, mais transitoires, et sont élaborées à partir de données relatives à des effets graves (comme la létalité) ou à des périodes d'exposition de courte durée précises (24 à 96 h). Ces recommandations donnent une indication sur les concentrations pouvant entraîner des effets graves pour l'écosystème aquatique. Elles ont pour but de présenter des limites pour les effets susceptibles de se produire au moment d'événements graves, mais transitoires (p. ex. déversements dans le milieu aquatique et rejets peu fréquents de substances de courte durée de vie ou non persistantes). Les recommandations pour les expositions de courte durée *ne sont pas* des concentrations qui assurent la protection des organismes aquatiques; en effet, les recommandations à court terme *ne protègent pas* contre les effets nocifs des substances, mais indiquent plutôt la concentration à partir de laquelle on peut observer des effets graves.

Les exigences minimales en matière de données pour les recommandations de type A ont été satisfaites. Des études de toxicité répondant aux exigences en matière de données primaires et secondaires, selon le protocole du CCME (2007), ont été utilisées dans la détermination de

la DSE pour une exposition à court terme. Chacune des espèces pour lesquelles on disposait d'une valeur de toxicité à court terme appropriée a été classée en fonction de sa sensibilité, et sa position centrale dans la DSE a été déterminée d'après la position de Hazen (estimation de la probabilité cumulative de la position d'un point). On a tenu compte de la variabilité à l'intérieur d'une espèce en prenant la moyenne géométrique des études censées représenter le stade de vie et le paramètre les plus critiques.

Selon le CCME (2007), dans le cas de substances pour lesquelles il existe, à cause de différences dans le mode d'action toxique, une variation nette de la sensibilité toxicologique entre les taxons, il se peut que l'ensemble de données présente une distribution bimodale. On pourra alors tracer des courbes de DSE séparées pour des taxons ou des groupes fonctionnels distincts et utiliser le niveau taxonomique le plus sensible pour élaborer la recommandation. En ce qui concerne le carbaryl, la distribution était bimodale lorsque tous les taxons étaient représentés sur le graphique (figure 1), les arthropodes montrant une plus grande sensibilité en raison de la toxicité sélective du carbaryl pour les insectes. La courbe de DSE tracée séparément pour les arthropodes (distribution fractionnée) (figure 2) est donc appropriée et peut être utilisée pour élaborer la valeur de la recommandation pour une exposition à court terme. Le tableau 2 présente les données finales qui ont été utilisées pour obtenir la DSE ajustée pour le carbaryl.

Tableau 2. Paramètres d'effet utilisés dans l'élaboration de la RCQE pour une exposition à court terme au carbaryl - arthropodes.

Espèce	Paramètre d'effet	Concentration ($\mu\text{g m.a.}\cdot\text{L}^{-1}$)
<i>B. fatalis</i>	CL ₅₀ -24 h	4,075
<i>C. grammatica</i>	CL ₅₀ -96 h	5,8
<i>B. longirostris</i>	CL ₅₀ -24 h	8,597
<i>D. similis</i>	CE ₅₀ -48 h (immobilité)	8,8
<i>C. dubia</i>	CL ₅₀ -48 h	11,6
<i>C. sphaericus</i>	CE ₅₀ -48 h (immobilité)	12,4
<i>D. magna</i>	CE ₅₀ -48 h (immobilité)	16
<i>M. lamarrei</i>	CL ₅₀ -96 h	19
<i>G. fossarum</i>	CL ₅₀ -96 h	31
<i>S. vittatum</i>	CE ₅₀ -48 h (immobilité)	32,43*

<i>E. danica</i>	CL ₅₀ -96 h	153
<i>M. relict</i>	CL ₅₀ -96 h	230
<i>P. hoyi</i>	CL ₅₀ -96 h	250
<i>A. aegypti</i>	CL ₅₀ -24 h	510

***Moyenne géométrique des valeurs comparables**

Parmi les douze modèles utilisés, le modèle Fisher-Tippett a donné le meilleur ajustement (figure 2). L'équation du modèle Fisher-Tippett ajustée est de la forme :

$$f(x) = e^{-e^{-\frac{(L-x)}{s}}}$$

où x est le log (concentration) et $f(x)$, la proportion d'espèces affectées.

Le tableau 3 présente des statistiques sommaires pour la DSE obtenue pour une exposition à court terme. La concentration de 3,3 µg m.a. • L⁻¹ n'est pas comprise dans la fourchette des données qui ont servi à l'ajustement du modèle. Par conséquent, le 5^e centile et ses limites de confiance (LC) (limites à l'intérieur desquelles un paramètre est censé être situé) sont des extrapolations.

Tableau 3. RCQE pour une exposition de courte durée au carbaryl, obtenue par la méthode DSE.

	Concentration
DSE 5 ^e centile	3,31 µg m.a. • L ⁻¹
DSE 5 ^e centile, LCI (5 %)	1,98 µg m.a. • L ⁻¹
DSE 5 ^e centile, LCS (95 %)	5,53 µg m.a. • L ⁻¹

Par conséquent, la concentration limite établie pour une exposition de courte durée liée à un événement transitoire, et indiquant un potentiel d'effets graves sur les espèces aquatiques sensibles marines ou d'eaux douces est de 3,3 µg m.a. • L⁻¹, pour le carbaryl.

Recommandation pour la qualité de l'eau pour une exposition de long durée

Les recommandations pour une exposition à long terme indiquent des valeurs cibles dans l'écosystème aquatique qui ont pour but de protéger toutes les formes de vie aquatique pendant des périodes d'exposition indéfinies.

Bien que la persistance du carbaryl dans l'eau puisse être limitée dans le milieu par des facteurs tels que sa

dégradation rapide, les organismes aquatiques peuvent être exposés au pesticide sur une longue période. Des organismes aquatiques peuvent être exposés de manière chronique au carbaryl s'ils habitent des eaux recevant le pesticide provenant de sources multiples ou de multiples applications.

Les études sur une exposition à long terme considérées comme acceptables dans la présente analyse portaient sur trois espèces d'algues, trois espèces de poissons et trois espèces d'invertébrés. Compte tenu des exigences minimales en matière de données, il n'y avait pas suffisamment de données pour déterminer une DSE pour une exposition à long terme au carbaryl selon le protocole du CCME (2007), aucune étude sur une exposition à long terme d'un salmonidé n'étant disponible. En outre, il n'y avait pas suffisamment de données pour élaborer une recommandation pour une exposition à long terme à l'aide de la méthode du paramètre ayant la valeur la plus faible (type B1). Par conséquent, selon la démarche à plusieurs volets, on a utilisé la méthode du paramètre dont la valeur est la plus faible pour élaborer la RCQE pour une exposition à long terme.

Dans l'élaboration de la RCQE pour une exposition à long terme, la méthode de type B2 a permis de déterminer le paramètre critique (le plus faible acceptable) comme étant la CL₅₀-24 h de 4,075 µg m.a. • L⁻¹ pour le cladocère *Bosmina fatalis* (Sakamoto *et al.*, 2005). On a appliqué un facteur de sécurité de 20 à la donnée la plus faible pour obtenir la recommandation de type B2 pour le carbaryl.

Par conséquent, la valeur de la RCQE pour la protection de la vie aquatique établie pour une exposition de longue durée est de 0,20 µg m.a. • L⁻¹ pour le carbaryl.

Recommandation pour la qualité de l'eau marine :

Les études sur une exposition à court terme considérées comme acceptables dans la présente analyse portaient sur quatre espèces d'invertébrés et trois espèces de poissons. Compte tenu des exigences minimales en matière de données, il n'y avait pas suffisamment de données pour déterminer une DSE pour une exposition à court et à long terme au carbaryl selon le protocole du CCME (2007). En outre, il n'y avait pas suffisamment de données pour élaborer une recommandation pour des expositions à court et à long terme à l'aide de la méthode du paramètre dont la valeur est la plus faible (type B1). Par conséquent, selon la démarche à plusieurs volets, on a utilisé la

méthode du paramètre ayant la valeur la plus faible (type B2) pour élaborer la RCQE pour des expositions à court et à long terme en milieu marin.

Dans l'élaboration de la RCQE pour une exposition à court terme, la méthode de type B2 a permis de déterminer le paramètre critique comme étant la $CL_{50-96\text{ h}}$ de $5,7\text{ }\mu\text{g m.a.}\cdot\text{L}^{-1}$ pour le mysidacé *Mysidopsis bahia* (âgé de 24 h) (Lintott, 1992a). On a appliqué un facteur de sécurité de 10 au paramètre critique pour élaborer la recommandation de type B2. Le paramètre critique pour la RCQE pour une exposition à long terme était cette même $CL_{50-96\text{ h}}$ relative au mysidacé. On a appliqué un facteur de 20 à la donnée la plus faible pour

élaborer la recommandation de type 2 pour une exposition à long terme au carbaryl.

Par conséquent, pour carbaryl, la concentration limite établie pour une exposition de courte durée liée à un évènement transitoire et indiquant un potentiel d'effets graves (par ex., la létalité ou l'immobilisation) sur la vie marine sensible est de $0,57\text{ }\mu\text{g m.a.}\cdot\text{L}^{-1}$. La valeur de la RCQE établie pour une exposition de longue durée pour la protection de la vie marine est de $0,29\text{ }\mu\text{g m.a.}\cdot\text{L}^{-1}$.

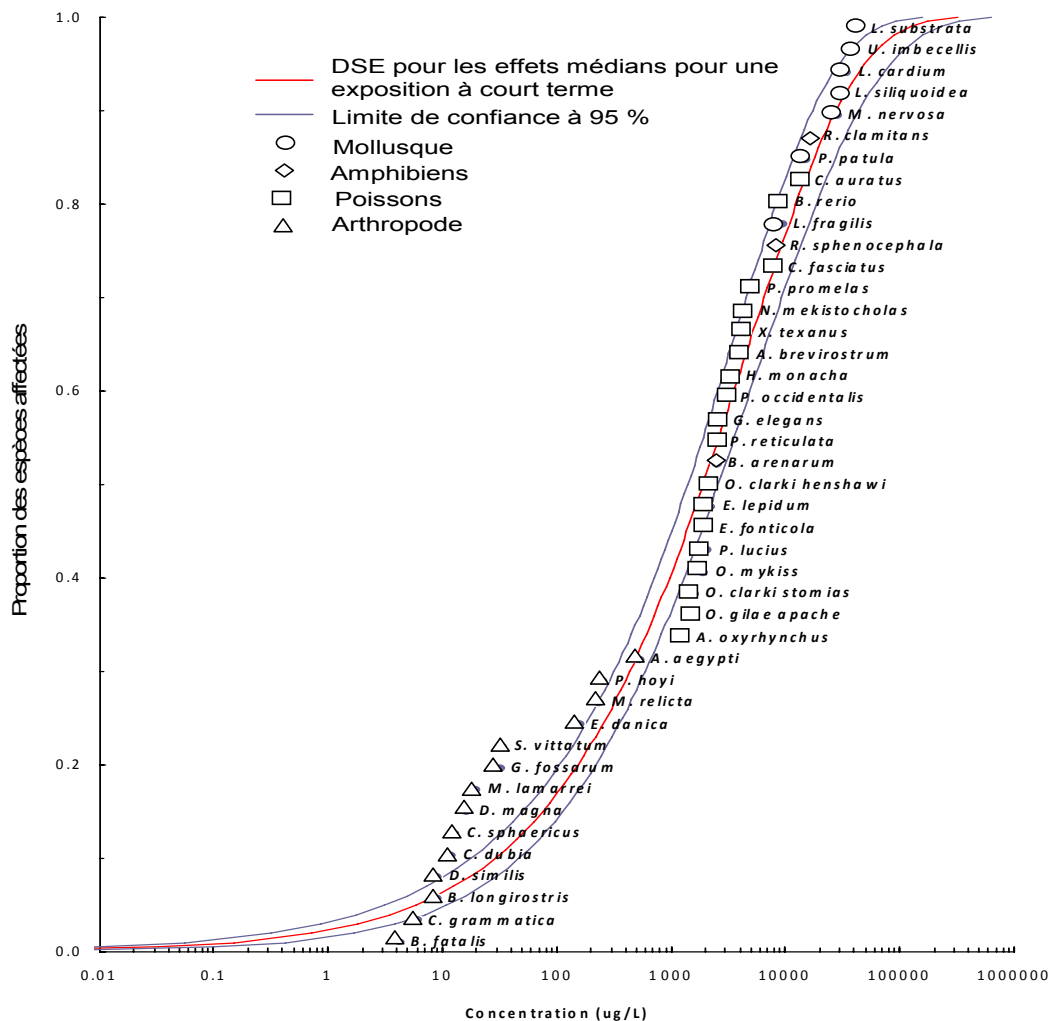


Figure 1. DSE pour une exposition à court terme représentant la toxicité du carbaryl en eau douce; valeurs de CL_{50} acceptables pour une exposition à court terme d'espèces aquatiques en fonction de la proportion d'espèces

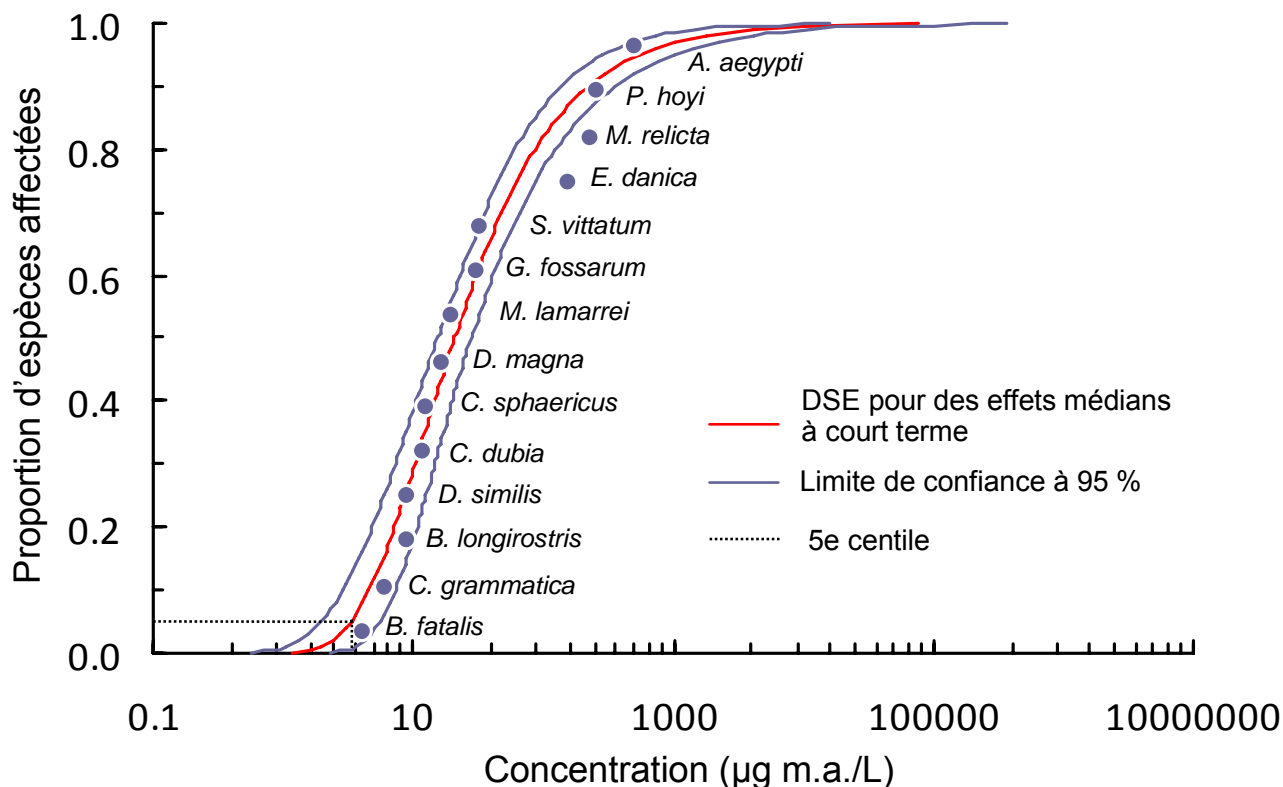


Figure 2. DSE pour une exposition à court terme représentant la toxicité du carbaryl en eau douce; valeurs de CL_{50} acceptables pour une exposition à court terme d'espèces d'arthropodes en fonction de la proportion d'espèces affectées.

Références

- ARLA (Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire). 2007. Information sur les produits. http://pr-rp.pmra-arla.gc.ca/PR_SOL/PUBLIC_REGISTRY.LBL_RESULTS_F.
- Basha, S.M., K.S.P. Rao et K.V. Rao. 1984. Respiratory potentials of the fish (*Tilapia mossambica*) under malathion, carbaryl and lindane intoxication. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 32(5): 570-574.
- Bhattacharya, S. 1993. Target and non-target effects of anticholinesterase pesticides in fish. *Sci. Total Environ. Supplement*: 859-865.
- Boonyawanich, S., M. Kruatrachue, E.S. Upatham, P. Soontornchainaksaeng, P. Pokethitiyook et S. Singhakaew. 2001. The effect of carbamate insecticide on the growth of three aquatic plant species: *Ipomoea aquatica*, *Pistia stratiotes* and *Hydrocharis dubia*. *ScienceAsia* 27: 99-104.
- Cantox Environmental. 2006. Presence, levels and relative risks of priority pesticides in selected Canadian aquatic ecosystems: Summary of 2003-2005 surveillance results. Programme national de surveillance de la qualité de l'eau, Environnement Canada.
- Carlson, A.R. 1971. Effects of long-term exposure to carbaryl (Sevin) on survival, growth and reproduction of the fathead minnow (*Pimephales promelas*). *J Fish Res Bd Canada* 29: 583-587.
- Carlson, R.W., S.P. Bradbury, R.A. Drummond et D.E. Hammermeister. 1998. Neurological effects on startle response and escape from predation by medaka exposed to organic chemicals. *Aquat. Toxicol.* 43: 51-68.
- CCHST (Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail). 2008. CHEMINFO: carbaryl. <http://ccinfoweb2.ccohs.ca/cheminfo/Action.lasso?database=cheminfo&layout=Display&response=detail.html&op=eq&CHEMINFO+RECORD+NUMBER=3553E&-search>.
- CCME 2007. Protocole d'élaboration des recommandations pour la qualité des eaux en vue de protéger la vie aquatique 2007, Conseil canadien des ministres de l'environnement
- CCME 2009. Scientific criteria document for the development of the Canadian water quality guidelines for carbaryl. Conseil canadien des ministres de l'environnement, Winnipeg, MB
- Chaiyarach, S., V. Ratananun et R.C. Harrel. 1975. Acute toxicity of the insecticides toxaphene and carbaryl and the herbicides popanil and molinate to four species of aquatic organisms. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 14(3): 281-284.
- Ebeling, M., et P. Radix. 2002. Chronic toxicity to the sediment dwelling chironomid larvae *Chironomus riparius* Carbaryl; substance, technical. Aventis CropScience. CE01/043.
- Edmiston, Jr. C.E., M. Goheen et G.W. Malaney. 1984. Environmental assessment of carbamate toxicity: utilization of the coomassie blue

- G soluble protein assay as an index of environmental toxicity. *Hazard. Waste* 1(2): 205-215.
- Elliott-Feeley, E., et J.B. Armstrong. 1982. Effects of fenitrothion and carbaryl on *Xenopus laevis* development. *Toxicol.* 22: 319-335.
- EXTOXNET (Extension Toxicology Network). 1993. Carbaryl: Pesticide information profile. <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/carbaryl-dicrctophos/carbaryl-ext.html>.
- Giroux, I. 2007. Les pesticides dans quelques tributaires de la rive nord du Saint-Laurent : rivières L'Assomption, Bayonne, Maskinongé et du Loup. Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, Direction du suivi de l'état de l'environnement. ISBN 978-2-550-51312-4.
- Hanazato, T. 1991. Effects of long- and short-term exposure to carbaryl on survival, growth and reproduction of *Daphnia ambigua*. *Environ. Pollut.* 74: 139-148.
- Hardersen, S., et S.D. Wratten. 2000. Sensitivity of aquatic life stages of *Xanthocnemis zealandica* (Odonata: Zygoptera) to azinphos-methyl and carbaryl. *New Zeal. J. Mar. Fresh.* 34: 117-123.
- Havens, K.E. 1995. Insecticide (carbaryl, 1-naphthyl-n-methylcarbamate) effects on a freshwater plankton community: zooplankton size, biomass, and algal abundance. *Water, Air and Soil Poll.* 84: 1-10.
- Henderson, C., Q.H. Pickering et C.M. Tarzwell. 1960. The toxicity of organic phosphorus and chlorinated hydrocarbon insecticides to fish. U.S. Department of Health, Education and Welfare (1): 76-88.
- Khasawinah, A.M. 1978. Fate of carbaryl in soils. South Charleston, West Virginia, Union Carbide Corporation. 811C20.
- Lintott, D.R. 1992a. Carbaryl technical : Acute toxicity to the mysid, *Mysidopsis bahia*, under flow-through test conditions. Toxikon Environmental Sciences, Sponsor Rhone-Poulenc Ag Company. J9112004a.
- Lintott, D.R. 1992b. Carbaryl technical: Acute toxicity to the freshwater blue-green alga *Anabaena flos-aquae*, under static test conditions. Toxikon Environmental Sciences, sponsor Rhone-Poulenc Ag Company. J9112004e.
- McKim, J.M., P.K. Schmeider, G.L. Niemi, R.W. Carlson et T.R. Henry. 1987. Use of respiratory-cardiovascular responses of rainbow trout (*Salmo gairdneri*) in identifying acute toxicity syndromes in fish: Part 2- malathion, carbaryl, acrolein and benzaldehyde. *Environ. Toxicol. Chem.* 6: 313-328.
- Megharaj, M., K. Venkateswarlu et A.S. Rao. 1989. Effects of carbofuran and carbaryl on the growth of a green alga and two cyanobacteria isolated from a rice soil. *Agr. Ecosyst. Environ.* 25: 329-336.
- Milam, C.D., J.L. Farris, F.J. Dwyer et D.K. Hardesty. 2005. Acute toxicity of six freshwater mussel species (Glochidia) to six chemicals: Implications for daphnids and *Utterbackia imbecillis* as surrogates for protection of freshwater mussels (Unionidae). *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 48: 166-173.
- Palawski, D., J.B. Hunn et F.J. Dwyer. 1985. Sensitivity of young striped bass to organic and inorganic contaminants in fresh and saline waters. *T. Am. Fish. Soc.* 114: 748-753.
- Perez-Ruiz, T., C. Martinez-Lozano et M.D. Garcia. 2007. Determination of N-methylcarbamate pesticides in environmental samples by an automated solid-phase extraction and liquid chromatographic method based on post-column photolysis and chemiluminescence detection. *J. Chromatogr. A* 1164: 174-180.
- PISSC (Programme international sur la sécurité des substances chimiques). 1993. Carbaryl health and safety guide no.78. Genève, Organisation mondiale de la Santé.
- PISSC (Programme international sur la sécurité des substances chimiques). 1994. Environmental health criteria 153: Carbaryl. Genève, Organisation mondiale de la Santé.
- Relyea, R.A., et N. Mills. 2001. Predator-induced stress makes the pesticide carbaryl more deadly to gray treefrog tadpoles (*Hyla versicolor*). *Proc. Nat. Acad. Sci. U.S.A.* 98(5): 2491-2496.
- Sakamoto, M., K.H. Change et T. Hanazato. 2005. Differential sensitivity of a predaceous cladoceran (*Leptodora*) and its prey (the cladoceran *Bosmina*) to the insecticide carbaryl: Results of acute toxicity tests. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 75: 28-33.
- Sastry, K.V., A.A. Siddiqui et M. Rohtak. 1988. Acute and chronic toxic effects of the carbamate pesticide Sevin on some haematological, biochemical and enzymatic parameters in the fresh water teleost fish *Channa punctatus*. *Acta Hydroch. Hydrob.* 16(6): 625-631.
- Schafers, C. 2002. Chloroperla grammatica, acute toxicity test, 96h exposure. Aventis CropScience. ACS-001/4-26/N.
- Schafers, C. 2006. *Daphnia magna*, Reproduction test, Semi-static exposure. Bayer CropScience. BAY-024/4-21, Code AE F054158 00 1B99 0001.
- Sharma, B. 1995. Changes in lactic acid content and activity of lactate dehydrogenase in *Clarias batrachus* exposed to carbaryl. *Toxicol. Environ. Chem.* 47: 89-95.
- Skinner, W. 1994. Soil adsorption/ desorption of [14C] carbaryl by the batch equilibrium method. Research Triangle Park, NC, Rhone-Poulenc Ag Company. 446W-1.
- Springborn Bionomics, Inc. 1985. The chronic toxicity of carbaryl technical to *Daphnia magna* under flow-through conditions. BW-85-7-1813.
- Suwansa-ard, S., P. Kanatharana, P. Asawatratanakul, C. Limsakul, B. Wongkittisuksa et P. Thavarungkul. 2005. Semi disposable reactor biosensors for detecting carbamate pesticides in water. *Biosens. Bioelectron.* 21: 445-454.
- Wang, S., C. Zhang et Y. Zhang. 2005. Development of a flow-through enzyme-linked immunosorbent assay and a dipstick assay for the rapid detection of the insecticide carbaryl. *Anal. Chim. Acta* 535: 219-225.
- Weber, F.H., T.B. Shea et S.E. Berry. 1982. Toxicity of certain insecticides to protozoa. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 28: 628-631.
- Zhu, S., H. Wu, A. Zia, Q. Han, Y. Zhang et R. Yu. 2008. Quantitative analysis of hydrolysis of carbaryl in tap water and river by excitation-emission matrix fluorescence coupled with second-order calibration. *Talanta* 74: 1579-1585.

Comment citer ce document :

Conseil canadien des ministres de l'environnement. 2009. Recommandations canadiennes pour la qualité des eaux : protection de la vie aquatique – carbaryl. Dans : Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement, 2009, 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
Fontaine
200 Sacre-Cœur Blvd.
Gatineau (QC) K1A 0H3
Téléphone : 819-953-1550
Courriel : ceqg-rcqe@ec.gc.ca
Site Web : <http://www.ec.gc.ca/ceqg-rcqe>

Pour obtenir d'autres exemplaires du ce document :

www.ccme.ca

Also available in English.

© Conseil canadien des ministres de l'environnement,
2009
Extrait de la publication n° 1300; ISBN 1-896997-36-8