



## Ligne directrice sur la qualité de l'air intérieur résidentiel

# OZONE

### Propriétés physiques et chimiques

L'ozone est un gaz incolore. Étant un agent fortement oxydant, il réagit rapidement sur les surfaces et avec d'autres constituants de l'air.

Formule moléculaire	O <sub>3</sub>
Poids moléculaire	48 g/mol
Point de fusion	-192,7 ± 2 °C
Point d'ébullition	-111,9 °C
Pression de vapeur	0,133 kPa @ 20 °C
Conversion : ppb → µg/m <sup>3</sup>	2,0 @ 20 °C

### Sources et concentrations dans les milieux intérieurs

Les sources d'ozone dans les milieux intérieurs comprennent les générateurs d'ozone (dispositifs vendus comme purificateurs d'air pour la maison dont la fonction est de produire de l'ozone), certains autres types de purificateurs d'air qui libèrent de l'ozone comme sous-produit, ainsi que des appareils de bureau comme des photocopieurs et des imprimantes. L'ozone provenant de l'extérieur est également un contributeur important à l'ozone intérieur, selon les concentrations à l'extérieur et le taux de renouvellement de l'air avec les milieux intérieurs.

Au Canada, les concentrations d'ozone dans les milieux intérieurs sont généralement plus faibles qu'à l'extérieur, et inférieures ou semblables aux concentrations d'exposition personnelle. La formation, le transport et la destruction de l'ozone à l'intérieur sont influencés par plusieurs facteurs, comme les

sources intérieures, les concentrations extérieures, l'infiltration d'air extérieur, les taux de circulation de l'air intérieur, et les réactions chimiques avec certains gaz dans l'air intérieur et avec les surfaces.

Une seule étude a mesuré l'ozone à l'intérieur des résidences dans une ville canadienne. En effet, une étude de l'exposition à l'ozone a été menée dans la ville de Toronto, en Ontario, pour évaluer les expositions intérieure, extérieure et personnelle pendant l'hiver et l'été. Les concentrations estivales diurnes d'ozone à l'intérieur mesurées sur 12 heures étaient de 7,1 ± 12,6 ppb (moyenne ± écart-type), et le 95<sup>e</sup> percentile, de 22,6 ppb. Les concentrations estivales nocturnes d'ozone à l'intérieur sur 12 heures étaient de 6,2 ± 9,5 ppb, et le 95<sup>e</sup> percentile, de 22,4 ppb. Les concentrations hivernales hebdomadaires d'ozone à l'intérieur étaient de 1,6 ± 4,1 ppb, tandis que le 95<sup>e</sup> percentile atteignait 4,0 ppb (Liu et coll., 1995) (Santé Canada, 2010).

### Effets sur la santé

Dans des études d'exposition contrôlée chez des humains, une exposition aiguë (jusqu'à 4 heures) à l'ozone de jeunes adultes en santé a entraîné des baisses de la fonction respiratoire, marquées par des baisses de la capacité vitale forcée (CVF), du volume expiratoire maximal par seconde (VEMS) et du volume inspiratoire forcé, par une réduction du volume respiratoire courant, et par une accélération de la fréquence de respiration. Des symptômes subjectifs, comme de la douleur au moment de l'inhalation, ont également été signalés (McDonnell et coll., 1983; Seal et coll., 1993; McDonnell et coll., 1993; Seal et coll., 1996; Krishna et coll., 1997; Liu et coll., 1997).

Des effets statistiquement significatifs ont été observés à une concentration d'ozone de 120 ppb, ce qui est considéré comme étant la dose minimale avec effet nocif observé (DMENO) pour cette période d'exposition (Santé Canada, 2010).

Les principaux effets d'une exposition prolongée (de 4 à 8 heures) à l'ozone dans des études d'exposition contrôlée chez des humains étaient une diminution de la fonction pulmonaire (CVF et VEMS) et une augmentation des symptômes respiratoires subjectifs (douleur à l'inspiration profonde et score total des symptômes). Trois études récentes ont évalué les effets d'une exposition à l'ozone durant 6,6 h chez des adultes en bonne santé effectuant des exercices intermittents (Adams, 2002; 2003a; 2003b), et l'une d'elles (Adams, 2002) incluait une gamme de niveaux d'exposition (40, 80 et 120 ppb d'ozone) qui a permis d'évaluer une relation dose-réponse. Dans cette étude, aucun effet statistiquement significatif n'est apparu au niveau d'exposition le plus bas de 40 ppb d'ozone quand les sujets étaient comparés à d'autres qui avaient été exposés à de l'air filtré. Ce niveau de 40 ppb d'ozone est par conséquent considéré comme la dose sans effet nocif observé (DSENO). Des effets statistiquement significatifs ont été observés à des concentrations d'ozone de 80 et 120 ppb, une diminution de la fonction pulmonaire et l'augmentation des symptômes respiratoires étant plus importantes à 120 ppb qu'à 80 ppb d'ozone. Par conséquent, on considère que la dose minimale avec effet nocif observé (DMENO) est de 80 ppb d'ozone pour cette période d'exposition (Santé Canada, 2010).

En général, les résultats des études toxicologiques semblent correspondre aux données recueillies dans le cadre des études d'exposition contrôlée chez des sujets humains. Cependant, les concentrations d'ozone examinées dans les études chez des animaux étaient généralement supérieures à celles que l'on peut observer dans les résidences canadiennes et, par conséquent, sont moins utiles pour l'évaluation du risque.

Depuis plus de dix ans, les études épidémiologiques sur les effets de l'ozone sur la santé de la population contribuent grandement à l'établissement de normes et de directives sur la qualité de l'air extérieur. En général, ces études permettent d'examiner la relation temporelle entre les concentrations d'ozone de l'air

extérieur (ambiant) et divers effets sur la santé. Elles analysent les processus complexes qui mènent à la création et à la destruction d'ozone dans l'air ambiant ainsi que les facteurs, comme la santé et le comportement individuels, qui influent sur la susceptibilité et l'exposition. Malgré l'éventail de concentrations d'ozone dans l'air ambiant observé dans ces études, ces dernières n'ont pas permis de déterminer un seuil en ce qui concerne l'effet mortalité. Cependant, les études qui font le lien entre les résultats pour la santé et l'exposition individuelle à un moment donné sont d'une importance capitale parce qu'elles servent de base pour l'élaboration de lignes directrices sur la qualité de l'air intérieur, permettant d'établir des mesures de protection de la santé. C'est pourquoi il a été déterminé que des études humaines d'exposition en milieu contrôlé constituaient la meilleure source pour l'établissement de concentrations intérieures de référence.

Pour chaque période d'exposition (aiguë ou prolongée), les études examinées ont permis d'établir une concentration de référence, qui représente une valeur en dessous de laquelle des effets indésirables sur la santé sont peu probables. La concentration de référence pour l'exposition aiguë a été calculée en divisant la DMENO établie à l'aide des données expérimentales par un facteur d'incertitude de 3 pour extrapoler une DSENO, et en divisant cette dernière par un facteur d'incertitude de 10 pour tenir compte des variations intraspécifiques relativement à la susceptibilité à l'ozone. La concentration de référence pour l'exposition prolongée a été calculée en divisant la DSENO par un facteur d'incertitude de 10 qui exprime les variations intraspécifiques. Des concentrations de référence de 8 µg/m<sup>3</sup> (4 ppb) d'ozone pour des expositions aiguës et prolongées à l'ozone ont été établies à la suite d'études clés sur les expositions contrôlées (Santé Canada, 2010).

### **Évaluation en vertu de la Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)**

L'ozone a été déclaré « toxique » en 2003 en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (LCPE), 1999* quand le Rapport d'évaluation scientifique sur l'ozone troposphérique (Environnement Canada et Santé Canada, 1999)

est venu à la conclusion qu'il y avait une association significative entre l'ozone ambiant (à l'extérieur) et des effets nuisibles sur la santé, et qu'il y avait des effets nuisibles significatifs pour la santé humaine (mortalité et morbidité) et la végétation (baisse de la croissance et du rendement de culture) aux concentrations d'ozone présentement observées à la grandeur du Canada (Environnement Canada et Santé Canada, 2003).

## LIGNE DIRECTRICE SUR LA QUALITÉ DE L'AIR INTÉRIEUR RÉSIDENTIEL POUR L'OZONE

Les principales études d'exposition contrôlée ont été utilisées pour déterminer une concentration de référence qui tient compte des facteurs d'incertitude en fonction des DMENO et des DSENO observées. Cette concentration de référence sert à établir une valeur-guide d'exposition maximale recommandée pour les environnements intérieurs résidentiels, en tenant compte de la possibilité d'atteindre une telle valeur.

Les premières lignes directrices en matière d'exposition à l'ozone dans l'air résidentiel intérieur ont été établies en fonction d'une limite d'exposition moyennée sur une période d'une heure (Santé Canada, 1987). Les nouvelles données ont cependant abouti aux mêmes concentrations de référence pour des expositions de courte (2,5 heures) et de longue (4–8 heures) durée (Santé Canada, 2010). Étant donné le manque de données comparatives sur des expositions d'une heure, et vu que les concentrations d'ozone sont habituellement plus élevées le jour, une limite d'exposition résidentielle à l'ozone de huit heures est maintenant recommandée. Cette période d'exposition moyennée devrait être plus représentative de l'exposition globale à l'ozone que celle moyennée sur une heure.

Il se peut que la valeur-guide d'exposition fondée sur la concentration de référence pour les expositions prolongées à l'ozone ne puisse être respectée dans bien des domiciles canadiens. Par exemple, selon une étude d'exposition à l'ozone intérieur, menée à Toronto (Ontario), les concentrations d'ozone à

l'intérieur lors de la période estivale étaient plus élevées que la concentration de référence (4 ppb), avec des concentrations sur une période de 12 heures s'élevant à  $7,1 \pm 12,6$  ppb (moyenne  $\pm$  écart-type) le jour, et à  $6,2 \pm 9,5$  ppb la nuit (Liu et coll., 1995).

Santé Canada recommande alors une valeur-guide d'exposition maximale résidentielle pour l'ozone de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (20 ppb), moyennée sur une période de huit heures. Cette valeur-guide représenterait toujours la moitié de la DMENO, établie à l'aide des données découlant d'une étude humaine d'exposition en milieu contrôlé (Adams, 2002), tout en étant plus réalisable dans les foyers canadiens. Dans une étude sur l'exposition à l'ozone à l'intérieur menée à Toronto, par exemple, les concentrations estivales d'ozone intérieur sur une période de 12 heures s'élevaient, au 95<sup>e</sup> percentile, à 22,6 ppb le jour et à 22,4 ppb la nuit (Liu et coll., 1995).

### Valeur-guide d'exposition maximale résidentielle pour l'ozone

PÉRIODE D'EXPOSITION	CONCENTRATION		EFFET CRITIQUE
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppb	
8 heures	40	20	Baisse de la fonction pulmonaire et augmentation des symptômes respiratoires subjectifs

## Bibliographie

- Adams, W.C. (2002), Comparison of chamber and face-mask 6.6-hour exposures to ozone on pulmonary function and symptoms responses. *Inhal Toxicol* **14**, 745–64.
- Adams, W.C. (2003a), Comparison of chamber and face mask 6.6-hour exposure to 0.08 ppm ozone via square-wave and triangular profiles on pulmonary responses. *Inhal Toxicol* **15**, 265–81.
- Adams, W.C. (2003b), Relation of pulmonary responses induced by 6.6-h exposures to 0.08 ppm ozone and 2-h exposures to 0.30 ppm ozone via chamber and face-mask inhalation. *Inhal Toxicol* **15**, 745–59.
- Environnement Canada et Santé Canada (1999), National ambient air quality objectives for ground-level ozone: Science assessment document. Ottawa : Minister of Supply and Services Canada. (document en anglais seulement) – sommaire en français : *Objectifs nationaux de qualité de l'air ambiant sur l'ozone troposphérique*.
- Environnement Canada et Santé Canada (2003), Décret d'inscription de substances toxiques à l'annexe 1 de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*. *Gazette du Canada Partie II* **137**, 1864–1877.
- Krishna, M.T., Blomberg, A., Biscione, G.L., Kelly, F., Sandstrom, T., Frew, A. et Holgate, S. (1997), Short-term ozone exposure upregulates P-selectin in normal human airways. *Am J Respir Crit Care Med* **155**, 1798–803.
- Liu, L., Leech, J.A., Urch, R.B. et Silverman, F.S. (1997), In vivo salicylate hydroxylation: a potential biomarker for assessing acute ozone exposure and effects in humans. *Am J Respir Crit Care Med* **156**, 1405–12.
- Liu, L.J., Koutrakis, P., Leech, J. et Broder, I. (1995), Assessment of ozone exposures in the greater metropolitan Toronto area. *J Air Waste Manag Assoc* **45**, 223–34.
- McDonnell, W.F., Horstman, D.H., Hazucha, M.J., Seal, E. Jr, Haak, E.D., Salaam, S.A. et House, D.E. (1983), Pulmonary effects of ozone exposure during exercise: Dose-response characteristics. *J Appl Physiol* **54**, 1345–52.
- McDonnell, W.F., Muller, K.E., Bromberg, P.A. et Shy, C.M. (1993), Predictors of individual differences in acute response to ozone exposure. *Am Rev Respir Dis* **147**, 818–25.
- Santé Canada (1987), *Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences*. Un rapport du comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail. Ottawa : Ministre des Approvisionnements et Services Canada.
- Santé Canada (2010), « Ligne directrice sur la qualité de l'air intérieur résidentiel – Document d'évaluation scientifique, Ozone », Ottawa : Sa Majesté la Reine du Chef du Canada.
- Seal, E. Jr., McDonnell, W.F. et House, D.E. (1996), Effects of age, socioeconomic status, and menstrual cycle on pulmonary response to ozone. *Arch Environ Health* **51**, 132–7.
- Seal, E. Jr., McDonnell, W.F., House, D.E., Salaam, S.A., Dewitt, P.J., Butler, S.O., Green, J. et Raggio, L. (1993), The pulmonary response of white and black adults to six concentrations of ozone. *Am Rev Respir Dis* **147**, 804–10.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada,  
représentée par la ministre de la Santé, 2010

Cat. : H128-1/10-606F

ISBN : 978-1-100-95085-3