

## NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

### Gaz et vapeurs toxiques dûs aux incendies Sumi, K.; Tsuchiya, Y.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

#### **Publisher's version / Version de l'éditeur:**

<https://doi.org/10.4224/40001038>

*Digeste de la construction au Canada, 1972-09*

#### **NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :**

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=cc07d188-4776-4316-b22c-de3492e4ff00>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=cc07d188-4776-4316-b22c-de3492e4ff00>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

**Questions?** Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

**Vous avez des questions?** Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

## **Digeste de la Construction au Canada**

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

**CBD 144F**

# **Gaz et vapeurs toxiques dûs aux incendies**

*Publié à l'origine en septembre 1972*

*K. Sumi et Y. Tsuchiya*

### **Veillez noter**

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

Les gaz et les vapeurs toxiques qui se dégagent lors des incendies sont la cause d'un grand nombre de décès. Si on exclut les décès résultant de l'inflammation de vêtements, on constate que les émanations de gaz lors des incendies causent plus de décès que les brûlures elles-mêmes. Les statistiques relatives aux incendies révèlent que, sur le nombre total de morts dûs aux incendies de bâtiments, et sans compter les cas de combustion des vêtements, environ 50 pour cent sont dûs aux produits de la combustion. Il est probable que ce chiffre devrait être encore plus élevé; il est, en effet, difficile, lorsque les victimes ont subi de sévères brûlures, de distinguer entre les cas de morts par brûlures et ceux qui sont dûs aux gaz toxiques.

Lors d'un incendie, la fumée et les gaz ou vapeurs toxiques prennent généralement naissance simultanément. Aussi est-il difficile de déterminer sans doute possible les responsables des effets néfastes. Avant d'entreprendre l'étude de la question, il convient de préciser le sens des termes «fumée», gaz» et «vapeur» utilisés dans le présent Digest. La fumée se compose de diverses particules matérielles; les unes sont des particules solides très fines, tandis que les autres résultent de la condensation de vapeurs diverses. Elle constitue, lors d'un incendie, la majeure partie des produits visibles de combustion. Le gaz est un produit de combustion qui reste à l'état gazeux même lorsqu'il se refroidit au point d'atteindre la température normale du bâtiment. La vapeur est un produit de la combustion qui naît à l'état gazeux, mais retourne à l'état solide ou liquide aux températures normales. Les vapeurs se condensent progressivement sur les surfaces froides lorsqu'elles sont à distance du feu.

Le danger principal causé par la fumée consiste dans la réduction de la visibilité, tandis que les gaz et vapeurs toxiques agissent par leurs effets nuisibles sur les fonctions du corps. La fumée empêche souvent les occupants de s'échapper d'un bâtiment en feu. Ils sont ainsi exposés pendant longtemps aux effets nuisibles des produits toxiques. Les gaz et les vapeurs toxiques peuvent entraîner la mort s'ils sont présents en quantités suffisantes et pendant assez longtemps; certains d'entre eux peuvent également emprisonner les occupants du fait de leur action irritante. C'est ainsi que de faibles concentrations de produits tels que l'acide

chlorhydrique ou l'ammoniaque peuvent irriter directement les voies respiratoires et les yeux. Les produits irritants peuvent jouer le rôle d'avertisseurs et alerter les occupants en leur signalant la présence d'un incendie; ils peuvent aussi, dans certaines circonstances, empêcher la victime de trouver une issue de sortie avant même que la réduction de visibilité due à la fumée ne provoque leur emprisonnement.

Depuis longtemps la Direction du service des incendies s'est préoccupée des dangers présentés pour les vies humaines par les produits toxiques de la combustion. Elle est consciente, depuis nombreuses années déjà, de la gravité des risques courus par le personnel de lutte contre les incendies, et presque tous les services modernes d'incendie sont aujourd'hui équipés d'appareils respiratoires. Si l'on n'ignore pas les dangers courus par les occupants d'un bâtiment, on n'a pas découvert jusqu'à maintenant de moyen pratique de limiter l'emploi des matériaux combustibles. Les principaux d'entre eux sont jusqu'à ce jour de nature cellulosique; ils sont utilisés comme matériaux de construction dans divers produits et dans le mobilier. Au cours des dernières années, des matériaux nouveaux, surtout des polymères synthétiques, ont reçu des applications toujours plus nombreuses dans les bâtiments, et leur introduction a eu pour effet d'accroître les préoccupations des services de lutte contre les incendies au sujet des produits toxiques de la combustion. S'il en est ainsi, c'est en partie à cause de l'absence d'information sur ces produits.

Les auteurs du présent Digest n'ont connaissance d'aucun règlement limitant au Canada l'emploi de matériaux dont la combustion engendre de grandes quantités de produits toxiques. Jusqu'à une date récente, les règlements basés sur ces caractéristiques constituaient également une rareté dans les autres pays. Ils sont maintenant introduits dans les codes de la construction des Etats-Unis. C'est ainsi que l'une des sections relatives aux finitions et garnitures intérieures des bâtiments se trouvant dans le Code de Base 1970<sup>(1)</sup> BOCA de la construction spécifie que «seront interdits les matériaux de finition d'intérieurs qui libèrent de la fumée ou des gaz plus denses ou plus toxiques que ceux qui sont libérés par du bois non traité ou du papier non traité lorsqu'ils sont exposés d'une manière comparable à la chaleur ou à la flamme».

### **Réaction physiologique à divers produits toxiques**

Les produits toxiques responsables des morts au cours des incendies ne sont ordinairement pas connus parce qu'il est rare qu'on pratique des examens pathologiques détaillés sur les victimes. On dispose cependant de quelques informations relatives à la réaction pathologique de l'homme à divers gaz et vapeurs toxiques qui se dégagent au cours des incendies <sup>(2,3,4)</sup>.

#### *Oxyde de carbone*

L'oxyde de carbone (CO) résulte de la combustion incomplète de matériaux contenant du carbone; il est présent en grandes quantités lors de la plupart des incendies. L'inhalation d'oxyde de carbone cause une asphyxie due à une combinaison avec l'hémoglobine à la suite d'une réaction réversible qui donne naissance à la carboxyliémoglobine. La formation de ce corps aux dépens de l'oxyhémoglobine réduit la quantité d'oxygène disponible pour les systèmes cellulaires du corps. Contrairement à ce qui se produit dans le cas des asphyxies simples, l'anoxémie causée par l'oxyde de carbone ne cesse pas aussitôt après l'inhalation d'air frais. Même dans, le cas où l'exposition aux gaz n'a été que modérée, environ 50 pour cent seulement de l'oxyde de carbone sont éliminés, dans les circonstances ordinaires, au cours de la première heure; l'élimination complète sous l'influence de l'air ne se produit pas avant un grand nombre d'heures. La concentration maximale de CO à laquelle l'homme peut être exposé jour après jour sans subir d'effets adverses est de 50 ppm (Tableau I). Lorsque ce niveau est dépassé, les individus en bonne santé souffrent de symptômes tels que maux de tête, fatigue et vertiges.

### **Tableau I. Réaction physiologique à diverses concentrations de CO**

---

Parties de CO

	par million de parties d'air
Valeur du seuil limite	50
Concentration qui peut être inhalé pendant 1 heure sans effet appréciable	400 à 500
Concentration dangereuse dans le cas d'exposition d'une heure	1000 à 1200
Concentration dangereuse dans le cas d'exposition d'une heure	1500 à 2000
Concentration fatales dans le cas d'exposition de durée inférieure à 1 heure	4000 et au-dessus

### *Gaz carbonique*

Au cours de la plupart des incendies de bâtiments, le gaz carbonique (CO<sub>2</sub>) est produit en grandes quantités. L'inhalation de gaz carbonique stimule la respiration; cette action accroît à son tour l'inhalation de l'oxygène et des gaz ou vapeurs toxiques qui peuvent résulter de l'incendie. À une concentration de 5 pour cent (50,000 ppm), la stimulation est prononcée; une exposition d'une durée de trente minutes produit des signes d'intoxication; au-dessus de 70,000 ppm, l'inconscience survient en quelques minutes. Le seuil de tolérance relatif à CO<sub>2</sub>, c'est-à-dire la concentration que peuvent supporter jour après jour des travailleurs sans ressentir de troubles organiques, est de 5,000 ppm.

### *Cyanure d'hydrogène*

Le cyanure d'hydrogène (HCN) prend naissance lorsque des matériaux dont la structure comporte de l'azote, tels que l'orlon, le nylon, la laine, le polyuréthane, l'uréeformaldéhyde et ABS (acrylonitrile-butadiène-styrène) sont attaqués par le feu. Le cyanure d'hydrogène et d'autres composés de cyanogène arrêtent l'activité de toutes les formes d'êtres vivants. Ils exercent une action inhibitrice sur l'utilisation de l'oxygène par les cellules vivantes des tissus du corps. Le Tableau II indique les réactions physiologiques aux diverses concentrations du cyanure d'hydrogène.

**Tableau II. Réaction physiologique à diverses concentrations de cyanure d'hydrogène**

	Parties de HCN par million de parties d'air
Valeur de seuil limite	10
Symptômes légers après plusieurs heures d'exposition	20 à 40
Montant maximal pouvant être inhalé pendant 1 heure sans troubles sérieux	50 à 60
Dangereux en 30 minutes à 1 heures	120 à 150

Rapidement fatal 3000

---

#### *Acide chlorhydrique*

L'acide chlorhydrique (HCl) se produit lorsque le chlorure de polyvinyle (CPV) est décomposé lors d'un incendie. L'inhalation de HCl endommage les voies respiratoires supérieures et provoque l'asphyxie ou la mort. Le Tableau III indique la réaction physiologique de l'homme aux diverses concentrations de HCl.

**Tableau III. Réaction physiologique à diverses concentrations de HCl**

---

	Parties de HCl par million de parties d'air
Valeur de seuil limite	10
Concentration maximale permissible pour courtes expositions (1/2 à 1 heure)	50
Rapidement fatal	3000

---

#### *Bioxyde d'azote*

Il existe trois oxydes d'azote communs: l'oxyde nitreux (protoxyde d'azote) (N<sub>2</sub>O), l'oxyde nitrique (NO) et les deux formes de bioxyde (NO<sub>2</sub> et N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>). Très toxique, le bioxyde d'azote peut être produit par la combustion du nitrate de cellulose. L'oxyde nitrique n'existe pas dans l'atmosphère car il se convertit en bioxyde en présence de l'oxygène. Ces divers composés sont des irritants puissants qui atteignent particulièrement les membranes muqueuses. Si on les inhale, ils endommagent les voies respiratoires; ils réagissent, en effet, avec l'humidité, et produisent des acides nitreux et nitriques. Le Tableau IV indique la réaction physiologique de l'homme aux diverses concentrations de bioxyde d'azote.

**Tableau IV. Réaction physiologique aux diverses concentrations de Bioxyde d'azote**

---

	Parties de NO <sub>2</sub> par million de parties d'air
Valeur du seuil limite	5
Montant minimal causant irritation immédiate de la gorge	50
Dangereux en cas d'exposition même en cas de courte exposition	117 à 154
Rapidement fatal même en cas de courte exposition	240 à 775

---

#### *Formation de gaz et vapeurs toxiques*

Les quantités de gaz et vapeurs toxiques engendrés par la combustion dépendent des matériaux attaqués par le feu et des conditions ambiantes. Certains des composés ainsi formés sont déjà connus; il est souvent possible de prédire la nature des autres d'après la

connaissance de la composition chimique et de la structure moléculaire des composés organiques. Il est important de disposer d'une base de prédiction; elle est utile aux chercheurs pour l'identification des produits de combustion, et aux concepteurs. Les services officiels des incendies et de la construction peuvent également tirer avantage de la connaissance de la composition chimique des matériaux; elle indique, en effet, les produits toxiques qui résulteront de la combustion d'un matériau donné. Les exemples qui suivent montrent comment il est possible de prédire la formation des principaux produits toxiques d'après la composition chimique des matériaux.

#### *Polyéthylène*

Le polyéthylène est un polymère composé d'atomes de carbone et d'hydrogène. Lorsqu'il brûle dans des conditions idéales (feu très chaud et larges disponibilités en oxygène) les principaux produits formés sont le bioxyde de carbone et l'eau. Dans des conditions défavorables (par exemple lorsqu'il n'existe que peu d'oxygène) il peut se former des particules de carbone, et de l'oxyde de carbone qui est toxique. L'oxyde de carbone est le principal agent toxique produit par la combustion du polyéthylène et d'autres matériaux organiques composés d'atomes de carbone et d'hydrogène.

#### *Polystyrène*

Le polystyrène est également composé d'atomes de carbone et d'hydrogène. Lorsque ce polymère est décomposé par la chaleur, il libère principalement du styrène, c'est-à-dire le composé à partir duquel il a été produit. Lors d'un incendie, le styrène est décomposé en molécules plus petites qui réagissent avec l'oxygène et engendrent les produits habituels de combustion. Le produit toxique principal résultant de la combustion du polystyrène est également CO. Le produit lui-même, le styrène, est presque aussi toxique que CO, mais il est produit en quantités beaucoup moindres<sup>(5)</sup>.

#### *Chlorure de polyvinyle (CPV)*

Le CPV se compose d'atomes de carbone, d'oxygène et de chlore. Lorsque ce polymère est décomposé par la chaleur, les atomes de chlore sont libérés et chacun d'eux se combine avec un atome d'hydrogène en formant de l'acide chlorhydrique (HCl) qui est non seulement toxique, mais très corrosif. Le phosgène (COCl<sub>2</sub>), qui est très toxique, est produit en quantité négligeable par la combustion de CPV. L'acide chlorhydrique est plus toxique que CO; il peut être produit en plus grandes quantités que CO lorsque CPV est attaqué par le feu.

#### *Polyméthylméthacrylate (plexiglas ou perspex)*

Lorsqu'on chauffe le plexiglas, le principal produit de décomposition est le méthylméthacrylate, c'est-à-dire le composé à partir duquel il a été synthétisé. Lors d'un incendie, le méthylméthacrylate est décomposé en molécules plus petites qui réagissent avec l'oxygène et forment les produits ordinaires de combustion. Le principal produit toxique engendré par la combustion du plexiglas est CO. La toxicité du méthylméthacrylate est du même ordre que celle de CO, mais il est produit en quantités beaucoup moindres.

#### *Bois et cellulose*

La cellulose, qui est le principal produit constitutif du bois, est composée d'atomes de carbone hydrogène et oxygène. La combustion de la cellulose produit non seulement les produits habituels de combustion, mais aussi des hydrocarbures et des composés contenant ces trois éléments. Quelques-unes des vapeurs contenant de l'oxygène, les aldéhydes en particulier, sont très toxiques. On admet généralement cependant que le CO est responsable de la plupart des décès dans les cas d'incendies impliquant des matériaux celluloseux. Il est, en effet, produit en quantités beaucoup plus grandes que les autres gaz toxiques.

#### *Fibres acryliques*

Se chiffrant à 80-85 pour cent, la teneur en acrylonitrile de plusieurs fibres synthétiques importantes est élevée. Ces matériaux synthétiques sont composés d'atomes de carbone,

d'hydrogène et d'azote; lorsqu'ils sont décomposés au cours d'un incendie, ils dégagent du cyanure d'hydrogène (HCN), gaz extrêmement toxique, plus CO et d'autres produits de combustion.

Le cyanure d'hydrogène est également produit par la combustion des tuyaux en ABS (acrylonitrile-butadiène-styrène) et des matériaux acryliques synthétisés à partir de l'acrylonitrile et servant à la confection de tapis. Il est également produit par la combustion d'autres composés dont la structure contient de l'azote, tels que l'urée formaldéhyde, le nylon, la laine et le polyuréthane.

#### *Evaluation des produits toxiques de combustion*

De nombreux chercheurs ont entrepris, sur les produits toxiques de combustion de matériaux organiques, des recherches ayant pour objet d'évaluer d'une manière réaliste les dangers qu'ils présentent. Pour évaluer le potentiel de production des matériaux en gaz toxiques, on peut les brûler en espace clos et soumettre des animaux à l'atmosphère ainsi créée. On a également exécuté des travaux dans lesquels les produits toxiques de combustion sont identifiés et analysés quantitativement. Les progrès relativement minimes réalisés au cours des années mettent en évidence la complexité du problème. On a cependant réalisé récemment quelques progrès dûs principalement aux techniques avancées d'analyse telles que la chromatographie gazeuse et la spectrométrie de masse.

#### **Résumé**

Les gaz et les vapeurs toxiques produits par la combustion sont responsables de la majorité des décès survenant dans les incendies de bâtiments. C'est la raison pour laquelle les Services d'incendie seraient en faveur de règlements visant à restreindre l'emploi des matériaux qui produisent de grandes quantités de fumée et de gaz toxiques. Il n'existe actuellement que très peu de règlements limitant l'emploi de matériaux et basés sur ce critère, il est cependant concevable qu'un plus grand nombre de règlements seront adoptés à l'avenir.

Les informations portant sur les gaz et vapeurs toxiques produits par la combustion des matériaux communément rencontrés dans les bâtiments sont encore très limitées. On dispose maintenant de quelques données quantitatives relatives aux composés toxiques mentionnés dans le présent Digest. Mais les données relatives à de nombreux autres produits toxiques de combustion dégagés en petites quantités sont très limitées. On manque également de connaissances sur les différentes vitesses de combustion (et les vitesses correspondantes de production des gaz toxiques) des matériaux dans des conditions comparables de combustion, et sur les vitesses de condensation des produits se dirigeant hors des lieux de l'incendie.

L'oxyde de carbone est produit en quantité lors de la plupart des incendies de bâtiments parce que la plupart des matériaux organiques contiennent du carbone dans leur structure atomique. Les matériaux qui contiennent de l'azote, tels que les fibres acryliques, le nylon, la laine, la mousse d'urée-formaldéhyde, pourraient produire non seulement CO, mais aussi de dangereuses quantités de HCN. Lorsque ces matériaux sont impliqués dans un incendie, l'atmosphère résultante pourrait être plus toxique que dans le cas de la combustion d'une égale quantité de matériaux dont le produit toxique est surtout CO. Les matériaux qui contiennent une grande proportion de chlore, tels que CPV, peuvent aussi être très nuisibles en cas d'incendie. Ils produisent, en effet, non seulement CO, mais aussi HCl.

L'état actuel des connaissances sur les produits toxiques de la combustion ne suffit probablement pas à guider le concepteur dans le choix des matériaux combustibles à utiliser dans les bâtiments. Le présent Digest a été rédigé en vue de le tenir au courant de l'état actuel du problème et des efforts déployés dans ce domaine.

#### **Références**

1. The BOCA Basic Building Code/1970 (Le Code de base de construction BOCA/1970) Building Officials Conference of America, Inc. 5th Edition, 413 p.

2. Henderson Y et H. W. Haggard. Noxious Gases and the Principles of Respiration Influencing their Action (Gaz nuisibles et les principes de respiration qui influent sur leur action). Chem. Catalog Co. Inc., 1927, 212 p.
3. Autian J. Toxicologic Aspects of Flammability and Combustion of Polymeric Materials (Aspects toxicologiques de l'inflammabilité et de la combustion des matières polymères). J. Fire and Flammability, Vol. 1, No. 239, July 1970.
4. Documentation of the Threshold Limit Values (Documentation sur les valeurs des seuils limites). American Conference of Governmental Industrial Hygienist. Third Edition 1971, 286 p.
5. Sumi K. et Y. Tsuchiya. Toxic Combustion Products of Wood and Polystyrene (Produits toxiques de combustion du bois et du polystyrène). National Research Council of Canada, Division of Building Research, BRN 76, Sept. 1971.