

Decembre 2003

© INIVE EEIG
Operating Agent
and Management
Boulevard Poincaré 79
B-1060 Bruxelles – Belgique
inive@bbri.be - www.inive.org

Agence Internationale de l'Energie
Energy Conservation in Buildings
and Community Systems Programme



Air Infiltration and Ventilation Centre

Les polluants de l'air intérieur

Partie 1 : Description générale, niveaux et normes

Hal Levin, Lawrence Berkeley National Laboratory, USA

Traduction réalisée par le CETIAT (France)
avec l'aide de l'ADEME (France)

ADEME



1 Introduction

Les polluants présents dans l'air intérieur le sont souvent en concentration bien plus élevée que dans l'air extérieur. Ils peuvent émettre des odeurs, être gênants, provoquer des irritations, mais aussi causer des maladies, des cancers et même la mort. Les hommes passant la très grande majorité de leur temps à l'intérieur, il est important de reconnaître et de contrôler la pollution intérieure. Certains polluants de l'air intérieur peuvent parfois agir sur les matériaux dans le bâtiment, voire sur la structure du bâtiment elle-même. La plus grande partie de la pollution intérieure provient du bâtiment, de son contenu, ou de ses occupants et de leurs activités, mais certains polluants de l'air extérieur sont introduits à l'intérieur par le système de ventilation. Des réactions entre les substances de l'air intérieur peuvent également produire des polluants et certains sont alors plus odorants, irritants ou dangereux que les composés chimiques à leur origine. Réduire et éliminer les sources de pollution sont les meilleurs moyens de contrôler la qualité de l'air intérieur, et des stratégies de ventilation appropriées peuvent réduire les concentrations de polluants qui ne peuvent pas être éliminés par le contrôle à la source.

2 Qu'est-ce que la pollution de l'air intérieur ?

La qualité de l'air intérieur et la pollution de l'air intérieur sont habituellement définies par les concentrations d'une sélection de polluants. Ces concentrations sont exprimées soit en masse par unité de volume d'air, par exemple en milligramme par mètre cube (mg/m^3), soit en parties de polluants par million de parties d'air (ppm). Des limites de concentration ou valeurs guide existent pour de nombreux composés chimiques et pour les particules en fonction de leur taille, mais la plupart de ces valeurs n'ont pas été développées spécifiquement pour l'air intérieur. Il est donc important de connaître la source et le domaine d'application prévu de telles valeurs guide pour les appliquer à l'air intérieur.

2.1 L'interprétation des mesures de qualité d'air intérieur

Les effets de la pollution de l'air intérieur sur le confort et la santé des hommes étant liés à la dose des polluants reçue, la concentration et la durée d'exposition sont des aspects importants dans l'évaluation des expositions. De plus, comme la ventilation peut modifier la concentration des polluants de façon plus ou moins proportionnelle avec le nombre de renouvellements d'air par heure, il est important de connaître les débits de ventilation au moment de la mesure des concentrations,

ainsi que les plages potentielles de ces débits et des concentrations dans le bâtiment concerné.

3 Principaux polluants de l'air intérieur

Les polluants intérieurs peuvent être de type chimique, physique ou biologique, mais chacun de ces types se compose encore de nombreuses sortes de polluants. Il existe de nombreux liens entre ces types puisque par exemple les gaz peuvent former des particules ou être adsorbés par la surface des particules. De plus, certains aérosols biologiques sont des produits métaboliques d'organismes vivants, sous forme gazeuse ou particulaire. Néanmoins, pour des raisons pratiques, les polluants intérieurs sont divisés en trois catégories distinctes : gaz, particules, aérosols biologiques.

Les composés chimiques peuvent être dans leur phase gazeuse, liquide ou solide ; par exemple, l'eau peut être glace, liquide ou vapeur. La phase ou l'état d'un composé chimique est déterminé par la pression de vapeur, la température et la pression atmosphérique du lieu où il se trouve. Les composés chimiques tendent à évoluer de solide à liquide et gaz, ou directement de solide à gaz, quand leur pression de vapeur augmente. Les composés chimiques organiques les plus importants se trouvent à l'état gazeux dans un environnement intérieur typique. L'état de certains composés peut aussi alterner entre état gazeux et état solide ou liquide.

Les polluants physiques comprennent les particules, les fibres, et les aérosols biologiques. Les particules sont ultrafines (< 0,1 µm), fines (> 0,1 µm et < 2,5 µm) ou grosses (> 2,5 µm). Les particules de taille inférieure à 10 µm sont considérées comme respirables. Elles posent des problèmes parce qu'elles peuvent être inhalées, et les particules fines en particulier peuvent pénétrer dans le système respiratoire. Plus elles sont petites, plus elles auront de chance d'atteindre les poumons plutôt que de se déposer dans le nez, la bouche, la trachée ou les bronches.

Les aérosols biologiques comprennent les pollens, les champignons, les bactéries et les

virus. Ces particules sont nombreuses et beaucoup d'entre elles sont à l'origine d'allergies et de maladies.

Les gaz sont de type organique ou inorganique. Sont compris dans les gaz beaucoup de produits du métabolisme humain et microbiologique, ainsi que les composés chimiques utilisés pour fabriquer des matériaux de bâtiment, des meubles et des produits de consommation. Les composés chimiques organiques ont des volatilités variées – plus ils sont volatils, plus leur fraction dans l'air sera importante. Ceux de volatilité faible sont appelés composés organiques semi-volatils (COSV), et certains d'entre eux sont parmi les plus toxiques des gaz (pesticides, retardateurs d'incendie, plastifiants, produits de combustion...). Parmi les gaz inorganiques, il y a beaucoup de produits de combustion, les gaz émis par les minéraux, le radon (gaz radioactif)...

Tableau 1: Principaux types de polluants

Type	Exemples
Gaz	
Composés organiques	Composés organiques volatils (COV) Composés organiques semi-volatils (COSV) Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) COV microbien
Composés inorganiques	Dioxyde de carbone (CO ₂) Dioxyde d'azote (NO ₂) Ozone (O ₃)
Particules	
Bioaérosols	Viables (moisissures, virus, bactéries, pollens) Non-viables (matériau biologique mort)
Inorganiques	Minéraux, métaux, terre, fibres
Radon	Gaz radioactif

Concernant les micro-organismes, leur espèce est généralement précisée, et est très importante pour interpréter les résultats de mesure. En effet, comme les composés organiques pour lesquels les composés spécifiques doivent être identifiés et quantifiés, l'espèce du micro-organisme doit être identifiée puisque ses effets lui sont propres. Les mesures des aérosols biologiques – microorganismes trouvés dans l'air – dépendent de la méthode utilisée. L'utilisation

d'une méthode inappropriée peut conduire à des résultats imprécis et trompeurs. Le système de prélèvement des organismes, la durée, l'emplacement et le média pour la mise en culture des organismes viables ont tous un impact sur la précision des mesures.

3.1 Mesure des polluants de l'air intérieur

Les concentrations de polluant mesurées sont fortement dépendantes de la méthode utilisée. Il y a généralement plusieurs méthodes pour mesurer chaque type de polluant, et la comparaison de différents résultats de mesure doit toujours être faite avec précaution, en s'assurant que les méthodes de mesure produisent des résultats comparables entre eux. Les concentrations de polluants varient beaucoup dans le temps et l'espace dans un bâtiment. Les méthodes et les protocoles de mesure doivent donc être soigneusement choisis pour obtenir des résultats utilisables. Il existe des méthodes de mesure des polluants rapides comme les instruments à lecture directe et les prélèvements rapides avec analyse ultérieure, et des méthodes plus longues avec de longues périodes de prélèvements analysés directement et moyennés, ou stockés et analysés plus tard, donnant accès à des valeurs moyennes. Les durées de prélèvement peuvent aller de moins d'une seconde à plusieurs heures, jours ou même semaines. Les gaz, les particules et les bioaérosols peuvent être prélevés et analysés par des méthodes variées, et les méthodes peuvent fortement influencer la spécificité et la précision des résultats.

Pour les composés organiques volatils, définis comme les composés organiques que l'on rencontre à l'état gazeux dans des conditions ambiantes typiques, on donne souvent la concentration de chaque composé organique identifié et quantifié. La mesure des composés individuels est nécessaire pour vérifier les effets potentiels sur la santé des composés organiques. On donne aussi souvent le total des concentrations de tous les COV, appelés alors COVT (Composés Organiques Volatils Totaux). Toutefois, cette mesure ne peut pas être utilisée comme un indicateur des effets potentiels sur la santé puisque le contenu et les proportions du mélange de COV peuvent

beaucoup varier d'un échantillon à l'autre. Un prélèvement peut avoir une forte concentration de COVT et être dominé par un composé organique inoffensif, ou avoir une concentration de COVT très faible issu d'un composé très toxique avec quelques autres à faibles concentrations.

Les aérosols biologiques comprennent trois classes de micro-organismes – champignons, virus et bactéries – ainsi que les pollens et les produits du métabolisme animal. Les micro-organismes sont identifiés par leur genre et leur espèce, et leurs concentrations sont données par le nombre d'unités formant une colonie par unité de volume d'air, par exemple ucf/cm³ ou ucf/m³, bien que d'autres unités soient aussi utilisées. Les bioaérosols viables et non viables sont mesurés séparément et caractérisés. L'espèce des micro-organismes est très importante pour interpréter les résultats des mesures. Les effets probables sur la santé de l'exposition aux micro-organismes aéroportés sont connus seulement pour une petite fraction de tous ceux que l'on trouve dans l'air intérieur. La plupart des experts affirment maintenant que les limites de concentration absolue pour les polluants microbiologiques dans l'air intérieur peuvent être trompeuses. Ils recommandent plutôt la comparaison de la concentration intérieure de chaque espèce à sa concentration extérieure. Si le ratio intérieur / extérieur est supérieur à 1 de façon significative, on peut supposer que l'organisme se reproduit à l'intérieur, et la source doit donc être trouvée et éliminée. L'élimination des sources d'humidité excessive limite généralement la croissance de la plupart des espèces de moisissures.

Les particules sont classées suivant leur diamètre aérodynamique et leurs concentrations sont annoncées soit en masse par unité de volume (par exemple, microgramme par mètre cube - µg/m³) soit en nombre de particules par unité de volume d'air. Les particules se divisent en particules respirables et non respirables, en fonction de leur taille. Les particules qui sont trop grandes pour être inhalées (> 10 µm) sont considérées comme non respirables.

La méthode de mesure spécifique pour déterminer les concentrations de polluants dans l'air détermine quels polluants sont identifiés et

quantifiés. Les mesures peuvent être entachées d'une incertitude relativement grande. Aucune méthode actuellement ne permet de mesurer tous les composés organiques qui peuvent avoir un intérêt. Par exemple, le formaldéhyde et beaucoup de composés très toxiques ne seraient pas détectés par les procédures classiques de mesure de COVT. Des variations considérables existent dans les méthodes utilisées pour les mesures de bioaérosols. Les comptages de particules ne peuvent être reliés de façon sûre aux concentrations massiques. Les méthodes standards permettent des comparaisons, mais il y a encore de nombreux polluants non mesurés.

3.2 Effets des principaux polluants de l'air intérieur

Les polluants de l'air intérieur sont importants du fait de leurs conséquences potentielles sur la santé et le confort des occupants, et les matériaux et les équipements. Les effets sanitaires des polluants de l'air intérieur peuvent aller de la simple irritation au cancer. Dans les équipements, les polluants de l'air intérieur peuvent détériorer les matériaux et provoquer des pannes qui non seulement endommagent les équipements, mais ont des répercussions secondaires comme l'immobilisation des ressources ou même l'émission de substances nocives dans l'environnement.

Le tableau 2 synthétise les effets sur la santé des principaux polluants de l'air intérieur. Plus de détails sur ces effets sont disponibles dans de nombreuses publications, comme par exemple sur le site internet de l'Organisation

Mondiale de la Santé (OMS) [31], le site internet de l'Agence américaine de Protection de l'Environnement (EPA) [29], les publications de Spengler, Samet, et McCarthy, 1999 [32].

Le tableau 3 résume les concentrations des principaux polluants de l'air intérieur susceptibles de poser problème. Les niveaux donnés dans ce tableau ne sont pas réglementaires ni normatifs, mais proviennent de sources faisant autorité, à partir d'une recherche bibliographique dans la recherche scientifique et sont présentés ici de façon indicative et non comme des propositions de valeurs normatives ou réglementaires. Il est conseillé de consulter les lois régionales, nationales ou autres et les documents réglementaires comme les guides non réglementaires dans la mesure du possible. L'annexe A donne un certain nombre de valeurs guides pour les polluants principaux.

3.3 Sources extérieures

Les sources extérieures les plus courantes des polluants de l'air intérieur sont entre autres les véhicules motorisés, les activités tertiaires et industrielles, les infrastructures, l'agriculture, la construction, les rejets des bâtiments, l'eau, les oiseaux, les rongeurs, l'entretien des bâtiments, et le sol. Les polluants provenant de ces sources rentrent la plupart du temps dans le bâtiment en traversant son enveloppe par les orifices ou les ouvertures que celle-ci comporte.

Tableau 2 : Principaux types de polluants intérieurs, et leurs effets sur la santé

Polluant	Effets sur la santé
Monoxyde de carbone (CO)	Réduit la capacité du sang à amener l'oxygène aux cellules du corps et aux tissus, qui en ont besoin pour fonctionner. Le monoxyde de carbone peut être particulièrement dangereux pour les personnes qui ont des problèmes de cœur et de circulation sanguine, ou les poumons ou l'appareil respiratoire endommagés.
Formaldéhyde (HCHO)	L'inhalation importante et régulière du formaldéhyde par les êtres humains peut provoquer une irritation des yeux, du nez, de la gorge, des symptômes respiratoires, et un phénomène de sensibilisation. Des études limitées sur les hommes, ont montré une association entre l'exposition au formaldéhyde et le cancer du poumon et le cancer rhino-pharyngien. Les études menées sur les animaux ont montré une augmentation du taux de cancer des cellules squameuses du nez. L'Agence américaine pour la Protection de l'Environnement (EPA) a classé le formaldéhyde dans le groupe B1, c'est-à-dire comme étant un cancérogène humain probable de dangerosité moyenne.
Plomb (Pb)	Endommage le cerveau et le système nerveux ; les enfants y sont particulièrement sensibles. Certains composés contenant du plomb peuvent causer un cancer aux animaux. Le plomb pose également des problèmes de digestion et d'autres problèmes de santé.
Dioxyde d'azote (NO ₂)	Endommage les poumons, provoque des maladies respiratoires.
Odeurs	La concentration en CO ₂ peut être utilisée comme représentative des odeurs des occupants (bio-effluents odorants)
Ozone (O ₃)	Problèmes respiratoires, réduction du fonctionnement des poumons, asthme, irritation des yeux, nez bouché, résistance diminuée aux rhumes et autres infections, peut accélérer le vieillissement des tissus pulmonaires.
Particules (PM _{2,5})	Endommagent les poumons, diminuent l'espérance de vie.
Particules (PM ₁₀)	Irritation du nez et de la gorge, endommagement des poumons, bronchites, diminution de l'espérance de vie
Radon (Rn)	Cancer des poumons
Composés organiques volatiles totaux (COVT)	Les réponses en odeur et irritation aux composés organiques sont extrêmement variables. Les concentrations intérieures moyennes dans la plupart des bâtiments sont bien en dessous de 1000 µg/m ³ . Si une valeur maximale est choisie par le concepteur et le propriétaire du bâtiment, elle doit prendre en considération le moment de l'installation des nouveaux matériaux et meubles et de l'introduction d'autres sources.
Composés organiques volatiles (COV)	Les concentrations d'un niveau dangereux vont de 1 ppb (une partie par milliard) pour certains composés très toxiques ou pour les composés ayant une limite odorante faible, à des concentrations plusieurs fois plus élevées. Les composés ne peuvent pas être tous identifiés, et les données toxicologiques sont incomplètes pour beaucoup d'entre eux.

Tableau 1 : Concentrations sensibles pour les principaux polluants

Polluant	Concentration sensible	Commentaires
Monoxyde de carbone (CO)	9 ppm (8 h)	Les concentrations intérieures supérieures de façon durable aux concentrations extérieures nécessitent une enquête. Beaucoup d'instruments de mesure de monoxyde de carbone ont une précision limitée à niveaux faibles.
Formaldéhyde (HCHO)	0,1 mg/m ³ (0,081 ppm) 0,05 ppm 76 ppb (1-hr) 27 ppb (8-hr)	[31], [13] Établi pour éviter l'irritation des individus allergiques et asthmatiques (résidentiel), et comme valeur raisonnable à atteindre suivant la cancérogénicité potentielle du formaldéhyde [6]. Basé sur le niveau actuel d'exposition forte de référence (REL) sur 1 heure de 76 ppb (94 µg/m ³) ; un niveau d'exposition de 27 ppb (33 µg/m ³) s'en déduit pour une période d'exposition de 8 heures (Cal-OEHHA, Office of Environmental Health Hazard Assessment, Californie).
Plomb (Pb)	1,5 µg/m ³	Basé sur les effets néfastes sur le fonctionnement neuropsychologique des enfants, exposition moyenne sur 3 mois (OMS : 0,5 – 1 µg/m ³ pour 1 an).
Dioxyde d'azote (NO ₂)	100 µg/m ³	Pour la protection contre les effets néfastes sur la respiration, exposition moyenne sur un an.
Odeurs	Acceptables pour plus de 80% des occupants	La différence entre la concentration intérieure et la concentration extérieure de CO ₂ peut être utilisée comme un marqueur des émissions odorantes des occupants (bio-effluents). Pour les sources autres que les humains, le contrôle à la source est recommandé.
Ozone (O ₃)	100 µg/m ³ (50 ppb)	L'ozone à des concentrations inférieures aux concentrations sensibles peut directement contribuer à la dégradation de la qualité de l'air intérieur en réagissant avec les autres composés présents.
Particules (PM _{2.5})	15 µg/m ³	Pour la protection des membres sensibles de la population exposée à la pollution de l'air extérieur.
Particules (PM ₁₀)	50 µg/m ³	Pour la protection contre la mortalité respiratoire dans la population générale et pour éviter l'aggravation de l'asthme, exposition moyenne sur un an, sans cancérogènes. Les concentrations intérieures sont normalement plus faibles. Les niveaux guide peuvent conduire à un dépôt inacceptable de poussière.
Radon (Rn)	4 pCi/litre	Pour la protection contre le cancer des poumons, exposition moyenne pour un an.
Composés organiques volatiles totaux (COVT)	Bâtiments types : 250 – 500 µg/m ³ >1000 µg/m ³ : nécessité de plus d'analyses	Les sensations d'odeur et d'irritation aux composés organiques sont très variables. Les concentrations intérieures moyennes dans la plupart des bâtiments sont bien en dessous de 1000 µg/m ³ . Si une valeur maximale est choisie, elle doit prendre en considération le moment de l'installation des nouveaux matériaux et meubles et de l'introduction d'autres sources. Pendant l'occupation, les concentrations de COVT mesurées au-dessus de 1000 µg/m ³ doivent faire l'objet d'analyses plus poussées pour déterminer si les concentrations des composés particuliers dépassent les niveaux sensibles.
Composés organiques volatiles (COV)	Doit être déterminée pour chaque composé individuellement	Les composés organiques volatils peuvent être des polluants dangereux. Les concentrations d'un niveau dangereux vont de 1 ppb (partie par milliard) pour certains composés très toxiques ou pour les composés ayant une limite odorante faible, à des concentrations plusieurs fois plus élevées. Les composés ne peuvent pas être tous identifiés, et les données toxicologiques sont incomplètes pour de nombreux composés.

4 Transport de pollution

Les polluants atteignent les zones de respiration en voyageant des sources jusqu'aux occupants de diverses manières. La plupart du temps, les polluants sont transportés par l'air. L'air se déplace des zones de forte pression aux zones de faible pression. C'est pourquoi le contrôle de la pression de l'air dans le bâtiment est un moyen de contrôler la pollution, et d'augmenter les performances du bâtiment en terme de qualité d'air intérieur. Le mouvement de l'air doit se faire de l'occupant à la source, puis hors du bâtiment, plutôt que de la source aux occupants puis du bâtiment. Les différences de pression vont contrôler la direction du mouvement de l'air et l'importance de l'exposition des occupants.

L'étude, le dimensionnement et la gestion du transport des polluants se concentrent sur les forces motrices et leurs trajets possibles. Les forces principales comprennent le vent, le tirage thermique, les ventilateurs du système de génie climatique, les cheminées, l'extraction et les ascenseurs. Les trajets principaux à l'intérieur se font dans les cages d'escalier, les cages d'ascenseur, les gaines techniques verticales, les prises électriques, les bouches d'extraction, les conduits et plénums, les fuites de ces conduits et plénums, les fuites des conduits d'extraction et les espaces des pièces. Les trajets principaux de l'extérieur vers l'intérieur sont les prises d'air neuf, les portes et les fenêtres, les fentes et fissures, les pénétrations par les structures souterraines et les vide-sanitaires...

5 Pour plus d'informations

1. ACGIH, Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, 2002.
2. ASHRAE Fundamentals, American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers.
3. ASHRAE Standard 62 Minimum ventilation for acceptable indoor air quality, (2001).
4. AIVC, A Guide to Energy Efficient Ventilation. 1996.
5. California Environmental Protection Agency (CalEPA).1997. Health Effects of Exposure to Environmental Tobacco Smoke. September. Available at: http://www.oehha.ca.gov/air/environmental_tobacco/finalets.html
6. California Air Resources Board. 1991. Indoor Air Quality Guideline No. 1, Formaldehyde in the Home. September. Sacramento, CA. <http://www.arb.ca.gov/research/indoor/formald.htm>
7. Cano-Ruiz J A, Modera M P, Nazaroff W W, Indoor ozone concentrations: ventilation rate impacts and mechanisms of outdoor concentration attenuation, Proc. Air Infiltration and Ventilation Centre, 13th AIVC Conference, 1992.
8. Castleman, B.I and G.E. Ziem. 1988. Corporate Influence on Threshold Limit Values. Am. J. Ind. Med. 13:531-559.
9. CEC, European Collaborative Action, Urban Air, Indoor Environment and Human Exposure – Ventilation, good indoor air quality and rational use of energy – Report No 23, 2003 (EUR 20741 EN), Joint Research Centre
10. Devos, M. F. Patte, J. Rouault, P. Laffort, and L.J. Van Gemert. 1990. Standardized Human Olfactory Thresholds. Oxford University Press, Oxford.
11. EPA Science Advisory Board, 1990. Reducing risks: Setting priorities and strategies for environmental protection. Report SAB-EC-90-021 and 021a. Washington DC: United States Environmental Protection Agency.
12. European Collaborative Action. Total Volatile Organic Compounds (TVOC) in Indoor Air Quality Investigations, Report No. 19. (EUR 17675 EN). Joint Research Centre, Environment Institute, European Commission. Ispra, Italy.
13. Health Canada. 1995. Exposure Guidelines for Residential Indoor Air Quality; A Report of the Federal-Provincial Advisory Committee on Environmental and Occupational Health. Ottawa: Health

- Canada. (Available from Health Canada, Publications-Communications, Ottawa. K1A 0K9).
14. Hodgson, A.T. 1995. A Review and a Limited Comparison of Methods for Measuring Total Volatile Organic Compounds in Indoor Air. In *Indoor Air*, Vol. 5, No. 4.
 15. Levin, H. 1989. Building materials and indoor air quality, in, Hodgson, M. and Cone, J., (eds.), *State of the Art Reviews in Occupational Medicine*, Vol. 4, No. 4.
 16. Levin, H. 1989. Edifice complex, anatomy of sick building syndrome and exploration of causation hypotheses. *Proceedings of IAQ '89*. American Society of Heating, Refrigerating, and Air-conditioning Engineers, Inc., Atlanta.
 17. Macher, J., (ed), ACGIH, *Bioaerosols: Assessment and Control*. Cincinnati, Ohio: American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 1999.
 18. Maximum Concentrations at the Workplace and Biological Tolerance Values for Working Materials 2000, Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area, Federal Republic of Germany
 19. Mendell, M.J. 1993. Non-specific symptoms in office workers: A review and summary of the epidemiologic literature. *Indoor Air* 3, 227-236.
 20. Nevalainen, A. 2002. Of Microbes and Men. In Levin, H., ed., *Indoor Air 2002, Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*. Vol. 3. Available from Indoor Air 2002, Inc., Santa Cruz, CA, www.indoorair2002.org.
 21. Nielsen et al. 1998. In H. Levin (Ed.), Indoor Air Guideline Values for Organic Acids, Phenols, and Glycol Ethers. *Indoor Air Supplement* 5/1998. Munksgaard, Copenhagen.
 22. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards and Other Databases. DHHS (NIOSH) Publication No. 2802-140, June 2002. (Compact Disk). <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npg.html>.
 23. Roach S.A and S.M. Rappoport. 1990. But They Are Not Thresholds: A Critical Analysis the Documentation of Threshold Limit Values, p. 727-753. *American Journal of Industrial Medicine*, Vol. 17.
 24. Seppänen, O, Fisk, WJ, and Mendell, MJ. 2001. Association of ventilation system type with SBS symptoms in office workers *Indoor Air*, Volume 11, (98-112).
 25. Seltzer, J.M., (ed.) Effects of the Indoor Environment on Health. State of the Art Reviews in Occupational Medicine, Volume 10, Number 1, January-March 1995. Philadelphia: Hanley & Belfus. 1995.
 26. Shields, H.C., D.M. Fleischer, and C.J. Weschler. 1996. Comparisons Among VOCs Measured at Three Types of U.S. Commercial Buildings with Different Occupant Densities. In *Indoor Air*, Volume 6, No. 1.2-17.
 27. Skov P, Valbjørn O, and the Danish Indoor Study Group: 1987. The sick building syndrome in the office environment: the Danish Town Hall Study. *Environ Internat* 13:339 349.
 28. Sundell J, On the association between building ventilation characteristics, some indoor environmental exposures, some allergic manifestations and subjective symptom reports, *Indoor Air Supplement* No2/94, 1994.
 29. U.S. EPA's Indoor Environment Division website, <http://www.epa.gov/iaq/index.html>
 30. Weschler C J, Shields H C, Naik D V, Indoor ozone exposures, *JAPCA*, No 39, 1989.
 31. World Health Organization, Air quality guidelines for Europe, Second Edition, WHO Regional Pubs, European Series No.91, 2000, World Health Organization www.euro.who.int/document/e71922.pdf
 32. Spengler, Samet, and McCarthy, Indoor Air Quality Handbook, McGraw-Hill, 1999.

Annexe A : Valeurs guides pour les polluants de l'air intérieur

Tableau 2 : Comparaison des réglementations et guides pour l'environnement intérieur

	Niveaux obligatoires et/ou réglementaires			Niveaux guides non exécutoires et de référence			
	NAAQS/EPA (réf. A-1)	OSHA (réf. A-2)	MAK (réf. A-3)	Canada (réf. A-4)	OMS/Europe (réf. A-5)	NIOSH (réf. A-6)	ACGIH (réf. A-7)
Dioxyde de carbone		5000 ppm	5000 ppm 10000 ppm [1 h] ^a	3500 ppm [L]		5000 ppm 30000 ppm [15min]	5000 ppm 30000 ppm [15min]
Monoxyde de carbone ^c	9 ppm ^g 35 ppm [1hr] ^g	50 ppm	30 ppm 60 ppm [30min]	11 ppm [8h] 25 ppm [1h]	90 ppm [15min] 50 ppm [30min] 25 ppm [1h] 10 ppm [8h]	35 ppm 200 ppm [C]	25 ppm
Formaldéhyde ^h		0,75 ppm 2 ppm [15min]	0,3 ppm 1 ppm ⁱ	0,1 ppm [L] 0,05 ppm [L] ^b	0,1 mg/m ³ (0,081 ppm) [30 min] ^p	0,016 ppm 0,1 ppm [15min]	0,3 ppm [C]
Plomb	1,5 µg/m ³ [3 mois]	0,05 mg/m ³	0,1 mg/m ³ 1 mg/m ³ [30min]	Minimize exposure	0,5 µg/m ³ [1 an]	0,1 mg/m ³ [10 h]	0,05 mg/m ³
Dioxyde d'azote	0,05 ppm [1 an]	5 ppm [C]	5 ppm 10 ppm [5min]	0,05 ppm 0,25 ppm [1h]	0,1 ppm [1h] 0,004 ppm [1 an]	1 ppm [15min]	3 ppm 5 ppm [15min]
Ozone	0,12 ppm [1h] ^g 0,08 ppm	0,1 ppm	^j	0,12 ppm [1h]	0,064 ppm (120 µg/m ³) [8h]	0,1 ppm [C]	0,05 ppm ^k 0,08 ppm ^l 0,1 ppm ^m 0,2 ppm ⁿ
Particules ^e < 2.5 µm MMAD ^d	15 µg/m ³ [1 an] ^o 65 µg/m ³ [24 h] ^o	5 mg/m ³	1,5 mg/m ³ si < 4 µm	0,1 mg/m ³ [1h] 0,040 mg/m ³ [L]			3 mg/m ³
Particules ^e < 10 µm MMAD ^d	50 µg/m ³ [1 an] ^o 150 µg/m ³ [24h] ^o		4 mg/m ³				10 mg/m ³
Radon	Voir tableau 3 ^f				2,7 pCi/L [1an]		
Dioxyde de soufre	0,03 ppm [1an] 0,14 ppm [24h] ^g	5 ppm	0,5 ppm 1 ppm ⁱ	0,38 ppm [5min] 0,019 ppm	0,048 ppm [24h] 0,012 ppm [1an]	2 ppm 5 ppm [15min]	2 ppm 5 ppm [15min]
Particules totale ^e		15 mg/m ³					

**Notes pour le tableau A :
Comparaison des réglementations
et guides pour l'environnement
intérieur**

^a [] Les nombres entre parenthèses précisent la valeur moyenne du temps d'exposition (min = minutes ; h = heure ; L = long terme). Quand aucune durée n'est spécifiée, le temps moyen est de 8 h ; pour l'indication C, la valeur indiquée est un maximum.

^b La valeur cible est de 0,05 ppm à cause des effets cancérigènes potentiels. Les aldéhydes totaux sont limités à 1 ppm. Bien que les études épidémiologiques conduites à cette date ne fournissent pas de preuves que le formaldéhyde est cancérigène pour les humains, les niveaux intérieurs doivent être aussi réduits que possible.

^c En exemple, sur l'utilisation des valeurs de ce tableau, les lecteurs doivent considérer l'applicabilité des concentrations de monoxyde de carbone. Les concentrations considérées comme acceptables pour des expositions non-industrielles sont beaucoup plus faibles que pour des expositions industrielles. Les concentrations les plus faibles (en d'autres termes, les normes de qualité d'air extérieures, qui doivent considérer la population à risque) sont faites pour protéger les personnes les plus sensibles, c'est-à-dire les individus avec des problèmes de cœurs existants.

^d MMAD = Diamètre aérodynamique de masse moyenne en μm . Une particule de moins de 3,0 μm est considérée comme respirable, de moins de 10 μm est seulement considérée comme inhalable.

^e Particules nuisibles non classées ailleurs (PNOC), qui ne contiennent pas des quantités significatives d'amiante, de plomb, de silice cristallisée, de cancérigènes connus et autres particules connues pour leur effets néfastes sur la santé.

^f valeur guide US-EPA

^g A ne pas dépasser plus d'une fois par an

^h Le Département américain au Logement et au Développement Urbain a adopté des réglementations concernant les émissions de formaldéhyde du contreplaqué et des panneaux de particule pour limiter la concentration en formaldéhyde dans les maisons à 0,4 ppm [24

CFR Partie 3280, HUD Manufactured Home Construction and Safety Standards]

ⁱ A ne jamais dépasser

^j Cancérigène, pas de valeur maximum établie

^k TLV® pour travaux lourds.

^l TLV® pour travaux modérés.

^m TLV® pour travaux légers.

ⁿ TLV® pour tout type de travaux ≤ 2 heures

^o 62FR38652 - 38760, July 16, 1997

^p Les études épidémiologiques suggèrent une relation de cause à effet entre l'exposition au formaldéhyde et le cancer rhino-pharyngien, bien que les conclusions soient tempérées par le petit nombre de cas observés. Il y a également des observations épidémiologiques d'une association entre les expositions au formaldéhyde dans le cadre du travail relativement élevées et le cancer des sinus.

Références du tableau 4

A-1 U.S. Environmental Protection Agency. 2000. Code of Federal Regulations, Title 40, Part 50. National Ambient Air Quality Standards.

<http://www.epa.gov/airs/criteria.html>.

A-2 U.S. Department of Labor, Occupational Safety and Health Administration. *Code of Federal Regulations*, Title 29, Part 1910.1000-1910.1450.

A-3 *Maximum Concentrations at the Workplace and Biological Tolerance Values for Working Materials 2000*, Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area, Federal Republic of Germany

A-4 Santé Canada 1995. *Directives d'exposition concernant la qualité de l'air des résidences, Rapport du Comité consultatif fédéral-provincial de l'hygiène du milieu et du travail*. Ottawa.Santé Canada

A-5 World Health Organization. 2000. *Air Quality Guidelines for Europe, 2nd Edition*. World Health Organization Regional Publications, European Series No. 91. World Health Organization, Regional Office for Europe, Copenhagen,

<http://www.euro.who.int/document/e71922.pdf>

A-6. NIOSH. 1992. *NIOSH Recommendations for Occupational Safety and Health - Compendium of Policy Documents and Statements*. National Institute for Occupational Safety and Health, January.

A-7 ACGIH, Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents and biological exposure indices, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Cincinnati, 2002.

Le Centre de la Ventilation et des Infiltrations d'Air (AIVC) a été créé dans le cadre de l'Agence Internationale de l'Energie et est financé par les sept pays suivants : Belgique, République Tchèque, France, Grèce, Pays-Bas, Norvège et Etats-Unis d'Amérique.

L'AIVC fournit un support technique pour la recherche et les applications dans le domaine de la ventilation et des infiltrations d'air. L'objectif est de d'aider à la compréhension du le comportement complexe des mouvements d'air dans les bâtiments, et de promouvoir l'application effective des mesures d'économie d'énergie dans la conception de nouveaux bâtiments et l'amélioration des bâtiments existants.