

# CHRONIQUE DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

Claude-Alain Roulet et Niklaus Kohler \*

32  
# 4755

\* Laboratoire d'énergie solaire et de physique du bâtiment (LESO-PB)  
Ecole polytechnique fédérale, Lausanne (LESO-PB)

## Qualité de l'air et matériaux de construction

### RÉSUMÉ

L'air à l'intérieur des bâtiments est contaminé par des polluants provenant de l'extérieur, des activités des habitants et des installations, mais aussi de certains matériaux de construction. Pour améliorer la qualité de l'air, il faut avant tout supprimer les sources de contamination partout où c'est possible, ce qui signifie entre autres que l'on doit choisir des matériaux de construction « propres ». Les polluants résiduels peuvent alors être dilués par un apport d'air frais.

### ABSTRACT

*The indoor air is contaminated by various pollutants coming from the outside or the equipment, resulting from the inhabitants activities or from some building materials. To improve the indoor air quality the sources of contaminants should first be eliminated, as far as possible. That means, between other possibilities, that "clean" building materials shall be chosen. The residual pollutants can then be diluted by fresh air.*

### ZUSAMMENFASSUNG

Die Luft im Inneren von Gebäuden wird vor allem durch innere Schadstoffquellen, wie die Aktivität der Benutzer sowie gewisse Baumaterialien, belastet. Äussere Schadstoffquellen haben einen kleineren Einfluss. Um diese Belastungen zu verhindern, muss vor allem an den Quellen angesetzt werden. Das bedeutet u.a., dass nur unschädliche Baumaterialien zum Einsatz kommen sollten. Die noch verbleibenden Schadstoffe können durch Frischluft verdünnt werden.

## L'aération et la pollution: un problème d'actualité

Nous sommes de plus en plus sensibilisés par les problèmes d'environnement, en particulier par les polluants domestiques. La presse parle souvent des problèmes d'humidité, de radon, de formaldéhyde et de gaz carbonique: cet article en est la preuve! Il y a plusieurs causes à cela. D'une part, on dispose aujourd'hui de méthodes de mesure de plus en plus sensibles et précises. Une raison importante est aussi l'étanchéification intensive de l'enveloppe des bâtiments, exécutée dans le but de diminuer la consommation d'énergie sans prendre garde à la nécessité d'assurer une aération adéquate. Enfin, des bâtiments administratifs de plus en plus grands sont construits et munis d'une ventilation, voire d'une climatisation mécanique complète. A tort ou à raison, de nombreux utilisateurs de tels bâtiments se plaignent de maux divers: ces techniques modernes ne donnent donc pas toujours satisfaction. Toutefois, certains nouveaux matériaux de construction et d'aménagements intérieurs se sont avérés être des émetteurs de polluants plus gênants que les matériaux traditionnels.

Cette gêne peut être causée soit par des odeurs désagréables mais qui ne sont pas forcément le signe d'émanations toxiques, soit par de telles émanations, qui n'excitent pas nécessairement notre sens olfactif. Le propos de cet article est de passer en revue quelques connaissances actuelles dans ce domaine et de proposer quelques solutions simples.

### Le but de l'aération dans les bâtiments

Le but essentiel de l'aération est de fournir de l'air de qualité suffisante aux occupants. La définition exacte et chiffrée de la qualité de l'air est difficile à fournir, mais le concept correspond à une certaine pureté de cet air. Il doit notamment être exempt de gaz et d'aérosols toxiques, de poussières et d'odeurs. Une expérience intéressante a été effectuée par Fanger et ses collaborateurs [1]: ils ont demandé à plusieurs personnes de déclarer si l'air de tel ou tel local dans lequel ils venaient d'entrer était acceptable ou non. Le pourcentage d'insatisfaits a été noté pour 20 différents locaux de réunion ou

administratifs occupés. La figure 1 montre les résultats de cette enquête en fonction du taux de renouvellement d'air des locaux, des concentrations en gaz carbonique, particules ou composés organiques. On ne remarque aucune relation nette entre le pourcentage d'insatisfaits et la variable considérée. Seule la première figure montre une légère décroissance du nombre d'insatisfaits lorsque le taux de renouvellement d'air augmente, mais cette décroissance est nettement inférieure à ce que l'on pourrait attendre en théorie. Il s'ensuit d'une part que diverses définitions de la qualité de l'air peuvent ne pas s'accorder: un air presque pur peut être d'odeur désagréable et un air agréable peut être chargé de toxiques divers. D'autre part, il ne suffit pas d'assurer un taux de renouvellement d'air ou un débit d'air élevés ou de mesurer une concentration faible en toxiques à un endroit pour garantir une qualité de l'air élevée dans un local. Il faut que la ventilation soit efficace, à savoir qu'elle élimine les toxiques et les impuretés aussi près que possible de la source et qu'elle apporte de l'air réellement frais aussi près possible de l'utilisateur. Il s'est avéré dans plusieurs cas que, par suite du mauvais entretien des installations de ventilation, l'air des locaux était plus pur lorsque la ventilation était déclenchée!

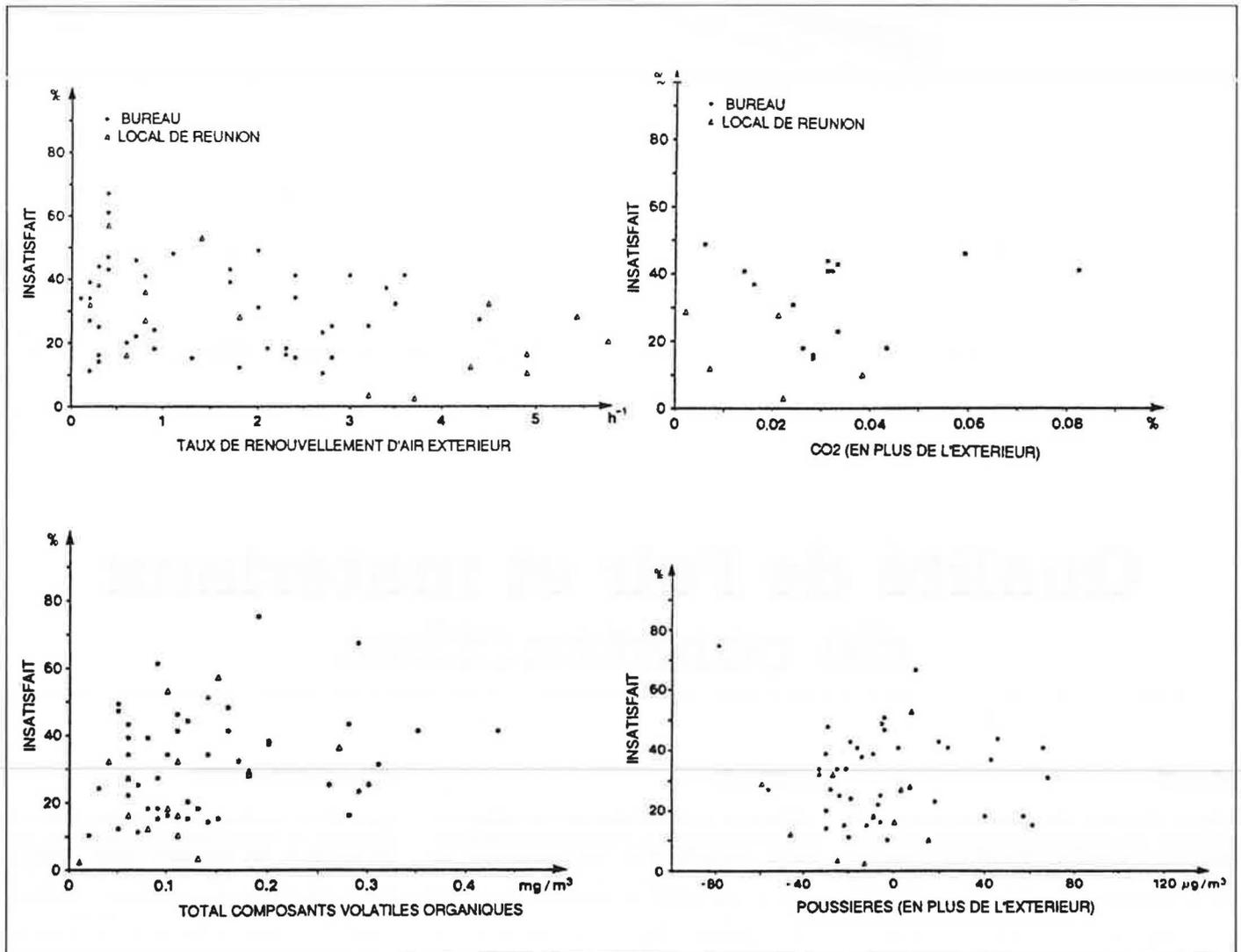


Fig. 1 Pourcentage de personnes insatisfaites de la qualité de l'air en entrant dans 20 différents locaux [1], en fonction:  
a) du taux de renouvellement d'air c) de la concentration en poussières  
b) de la concentration en CO<sub>2</sub> d) de la concentration en produits organiques.

## Les principales sources de pollution de l'air intérieur

### L'air extérieur

L'air extérieur est en principe la source d'air pur. Il ne devrait donc pas être pollué et, s'il l'est, le problème se complique fortement. Il convient donc de diminuer autant que possible la pollution de l'air extérieur par la suppression des sources de polluants. Ceci étant rappelé, nous revenons au point de vue adopté ici, qui est celui du bâtiment placé dans un environnement donné, pollué ou non.

De ce point de vue, la seule manière de se préserver des polluants extérieurs consiste à introduire des filtres entre l'extérieur et l'intérieur. Un système de ventilation permet de choisir l'emplacement optimal de la prise d'air extérieure ainsi que le type de filtre à utiliser. Il faut cependant être conscient qu'une augmentation du taux de renouvellement d'air dû à l'introduction d'une installation de ventilation mécanique peut réduire l'effet du filtre. De plus les filtres courants retiennent (s'ils sont bien entretenus) essentiellement les poussières mais peu les gaz. Seuls des filtres spéciaux (p. ex. charbon actif, filtres de masques à gaz) ou le lavage de l'air permettent de retenir des toxiques gazeux.

### Polluants dus aux activités des habitants

Les principaux polluants dégagés par les occupants sont:

les gaz :

- les odeurs,
- le CO<sub>2</sub> émis par les occupants,
- les gaz toxiques (fumée de tabac, cuisine au gaz, solvants de nettoyage),
- la vapeur d'eau (transpiration, lavage, nettoyage, cuisine, bains, etc.);

les solides :

- les micro-organismes (bactéries, virus),
- les particules (poussières, fumée de tabac, pollen, spores),

Pour diminuer ces émissions sans gêner l'activité, il convient de limiter le tabagisme, de choisir des produits d'entretien peu nocifs et peu odorants et enfin d'aérer après chaque activité polluante.

### Polluants provenant du bâtiment

De nombreux matériaux de construction dégagent des vapeurs ou des gaz toxiques. Citons notamment les solvants des peintures, le formaldéhyde de certaines mousses et colles, les insecticides et fongicides, etc. Le tableau 1 en donne une liste, pas nécessairement exhaustive, à titre d'exemple. De plus, certaines poussières provenant de matériaux de construction (comme l'amiante par exemple) peuvent avoir des effets pathologiques.

## Le problème des limites admissibles

Il faut souvent du temps pour que les dégâts causés à l'organisme par des produits chimiques soient détectables. Il n'est donc pas étonnant que des divergences d'opinion subsistent sur les effets des polluants domestiques. Un programme de recherches de l'Agence internationale de l'énergie

des cancers lors d'essais sur des animaux. Toutefois, seulement une centaine de substances sont connues actuellement comme indiscutablement carcinogènes pour l'homme. Il est probable que ce nombre croisse rapidement à l'avenir.

- Les preuves de la toxicité d'un produit sur le corps humain sont particulièrement difficiles à établir dans le domaine du cancer. Un gros tra-

Type d'élément	Principale source	Matériaux problématiques et conséquences
Plâtrerie	plâtre industriel	- retardateurs de prise - fongicides éventuels
Menuiserie	bois bois agglomérés	- produits de protection, PCP - formaldéhyde
Traitements du bois		- fongicides, insecticides - solvants
Revêtements de sol	colles	- solvants
Tapis Moquettes		- latex synthétiques - traitements des textiles
Liège		- additifs (PVC) - formaldéhyde
Linoléum		- additifs synthétiques
Dalle en pierre		- rayonnement radioactif éventuel
Tapiserie	papier colles	- formaldéhyde - solvants
Isolants acoustiques	fibres minérales	- poussières fines
Revêtements synthétiques	en PVC en PS	- composants PVC - styrol
Peinture		- solvants, pigments (métaux lourds)

**Tableau 1.** Sources intérieures de pollution dues aux équipements et éléments de construction [7].

(«Taux d'aération minimaux») a fait le point des connaissances actuelles [2, 3]. On met l'accent avec raison sur la nécessité de combattre les polluants à la source. Pour le concepteur, qui doit choisir des matériaux non polluants, l'information est encore limitée. Il est exposé à des opinions très variées, allant de la crainte panique à la minimisation générale.

Cette problématique peut être illustrée par l'exemple des produits carcinogènes. Certes, la génération de cancers n'est pas le seul effet des produits polluants, qui peuvent causer d'autres maux: céphalées, nervosité, irritations des muqueuses, etc. Dans le cas du cancer cependant, la recherche se trouve en face de grosses difficultés et les opinions des experts dans ce domaine divergent en conséquence. Les considérations suivantes n'engagent que les auteurs.

- Des quelque 60 000 substances chimiques auxquelles l'être humain est exposé aujourd'hui, 4000 à 8000 ont été examinées pour leurs effets carcinogènes. 1600 à 2800 ont causé

vail, demandant beaucoup de temps, est nécessaire pour passer du soupçon à la preuve toxicologique ou épidémiologique de l'effet carcinogène d'un produit. Il n'est donc pas étonnant que la liste des produits polluants dans les habitations soit très restreinte. Les produits les plus connus sont la fumée de tabac, l'amiante, le radon et quelques solvants organiques (fig. 2).

- La Faculté a montré que la probabilité de développement d'un cancer chez l'homme est proportionnelle à la dose de produit carcinogène ingérée. Un risque de cancer existe donc déjà après exposition à la plus petite dose, et ce risque augmente avec la dose. Le cancer apparaît effectivement à une dose dépendant du physique et du psychisme des individus, ainsi que de leur mode de vie. De ce point de vue, on ne peut pas donner de seuil de concentration d'un polluant carcinogène dans l'air ambiant. L'établissement de concentrations maximales limites pour des substances carcinogènes

(que leur effet soit officiellement reconnu ou non) est particulièrement difficile à estimer. Si on se maintient en dessous d'une telle concentration limite, on évite que les personnes exposées présentent les symptômes aigus (comme par exemple les irritations), qui sont en fait des signaux d'alarme, mais l'effet carcinogène demeure.

- On n'a actuellement que très peu d'informations sur les effets synergiques, qui amplifient les effets de l'exposition simultanée à plusieurs substances.

Sur la base du développement du marché et des connaissances scientifiques actuels, il semble irresponsable de persister à l'avenir :

- d'utiliser des matériaux qui, quoique considérés comme inoffensifs aujourd'hui, pourraient se révéler dangereux pour la santé à l'avenir,
- de lancer sur le marché de nouveaux matériaux sans établir clairement leur innocuité.

En considérant toutes ces affirmations, il saute aux yeux que la toxicité d'un produit ne peut pas, dans bien des cas, être prouvée ou, si elle l'est, c'est tardivement. On ne peut donc pas charger le producteur du produit du fardeau de la preuve de non-toxicité. D'autres critères de choix doivent évidemment être cherchés. Une possibilité consiste à n'utiliser que des produits naturels ou, du moins, dont le processus de fabrication suit des voies aussi naturelles que possible. Ceci en prévention du problème des poisons domestiques [5].

Pour que cette méthode soit applicable, il faut que le concepteur puisse obtenir une déclaration de composition des matériaux de construction. De plus, pour compléter ses connaissances, il doit disposer d'un catalogue de produits sans danger [6]. Si les auteurs d'un tel catalogue présentent clairement leurs critères, chaque utilisateur pourra l'adapter à ses propres besoins.

Les autorités et les commissions de normalisation se trouvent aussi devant des problèmes insolubles. Elles doivent protéger la santé des individus mais ne peuvent s'appuyer que sur un faible nombre de preuves indiscutables. Il ne reste donc essentiellement que le maître de l'ouvrage ou le concepteur pour choisir les matériaux en tenant compte non seulement du coût et de l'esthétique, mais aussi de la santé des habitants.

ble que possible dans les bâtiments construits avec des matériaux synthétiques, traités avec des biocides, peints avec des solvants ou dans lesquels on fume (pour ne donner que quelques exemples). Dans ce but, le taux de renouvellement d'air doit être aussi grand que possible. Ce faisant, on augmente la consommation d'énergie et on risque de diminuer le confort. De plus, cette méthode par dilution est limitée par la concentration en polluants de l'air extérieur et ne permet de diminuer les concentrations que d'un facteur 10, voire 20 au maximum.

pas respecter certaines prescriptions officielles (par exemple la police du feu), soient trop chers ou ne conviennent pas du point de vue technique. Le critère dominant pour la recherche d'un compromis doit toutefois, dans l'intérêt de tous, être l'absence de toxicité, même si ceci nécessite actuellement un engagement particulier de tous dans chaque rénovation ou construction.

### Comment réduire les besoins d'aération ?

Il est aujourd'hui possible d'éliminer dans une large mesure les sources de pollution dues aux matériaux et éléments de construction. Il s'agit d'une part de choisir des matériaux éprouvés et non traités chimiquement et d'autre part d'examiner leur odeur avant l'achat (de les « renifler »).

L'impact de la pollution extérieure ne peut être limité que par le choix judicieux de la prise d'air. Pour les systèmes de ventilation mécanique cela ne pose en général pas de problèmes.

Source de pollution	Action
Air extérieur	<b>Réduire</b> les sources
Occupants	<b>Circonscrire</b> les sources
Matériaux	<b>Éliminer</b> les sources

**Tableau 2.** Réduction des besoins de ventilation.

- On ne peut sortir de ce dilemme de manière cohérente qu'en éliminant les polluants à la source, donc en choisissant des matériaux non toxiques (et non pas peu toxiques)

Charge	Mesure préférée	Quantité d'air frais m <sup>3</sup> /P h	Effet principal	Commentaire
Humidité et micro-organismes	A	10-20	Condensation	Dépend de l'endroit et de la saison Éviter les sources superflues
CO <sub>2</sub> Odeurs corporelles	A	25-30 12-15	Gêne	Pour moins de 0,1 % CO <sub>2</sub> Pour moins de 0,15 % CO <sub>2</sub>
Fumée de tabac	S	30-70	Irritation Gêne	Dépend du nombre de cigarettes Danger cancer non inclus
Radon	S		Cancer du poumon	Dépend du lieu et du terrain
Formaldéhyde	S		Irritation	Danger de tumeur pour forte exposition
Oxydes d'azote NO, NO <sub>2</sub>	S		Irritation Maladies respiratoires	Systèmes de ventilation
Substances organiques, particules	S		Gêne Dégâts	Nombreuses substances avec effets spécifiques

**Tableau 3.** Mesures proposées par le rapport de l'Agence internationale pour l'énergie sur des taux de ventilation minimaux [10]. (A: Aération S: Action à la source. P = personne).

### Comment améliorer la qualité de l'air ?

À la lumière de la pratique, on peut donner les points de repère suivants :

- Il reste important, pour protéger la santé des habitants, de maintenir la concentration en polluants aussi fai-

comme par exemple le bois massif (sans traitement protecteur), les crépis naturels, la brique, les tissus naturels, etc.

- Pour être réaliste, il faut admettre qu'il sera difficile de faire passer un tel comportement dans la pratique. Par exemple, il est possible que des matériaux non toxiques ne puissent

Avec des systèmes de ventilation non mécaniques il y a la possibilité d'utiliser des zones tampons avec des plantes et d'autres éléments filtrants.

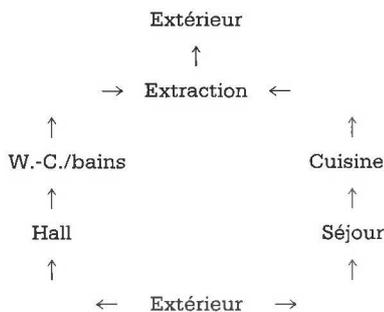
Les sources de pollution dues aux activités humaines peuvent être traitées de la manière suivante :

Fumée de tabac : limiter et circonscrire les zones fumeurs.

Cuisson: prévoir des zones fermées avec évacuation directe.

Bains/W.-C.: prévoir des évacuations directes.

L'utilisation de l'air en cascade est également recommandable. Le schéma peut être le suivant:



### Conclusions

En résumé, on peut décrire ainsi une aération optimale:

le taux de renouvellement d'air d'une pièce donnée lors d'une utilisation définie doit être tel que la qualité de l'air soit acceptable, que les dégâts causés par l'humidité soient évités et que la consommation d'énergie correspondante soit minimale.

Pour atteindre ces buts, il convient de prendre les mesures suivantes (tableaux 2 et 3):

- Eliminer autant que possible les sources de pollution, par exemple éviter d'utiliser à l'intérieur des matériaux ou des produits dégageant des gaz toxiques.
- A défaut, circonscrire les sources de pollution, par exemple définir des zones fumeurs et non fumeurs.
- Eliminer les polluants résiduels aussi près que possible des sources, en utilisant des hottes et en plaçant les bouches d'extraction près des sources de pollution.
- Contrôler les débits de ventilation. Pour cela, il faut que l'enveloppe soit suffisamment étanche [7]. Si la ventilation est naturelle, ce contrôle peut être:

- manuel, par ouverture des fenêtres ou portes,
- automatique, en utilisant des dispositifs passifs.

Si la ventilation est mécanique, ce contrôle peut être, de même:

- manuel, par enclenchement des ventilateurs et ouverture des clapets,
- automatique, en utilisant des capteurs de concentration en polluants ou des horloges pour actionner les clapets et les ventilateurs.

- Enfin, il faut entretenir les systèmes de ventilation, notamment nettoyer ou changer régulièrement les filtres et nettoyer les grilles et les conduites.

## RISQUE DE MORT PREMATUREE POUR DIVERSES CAUSES

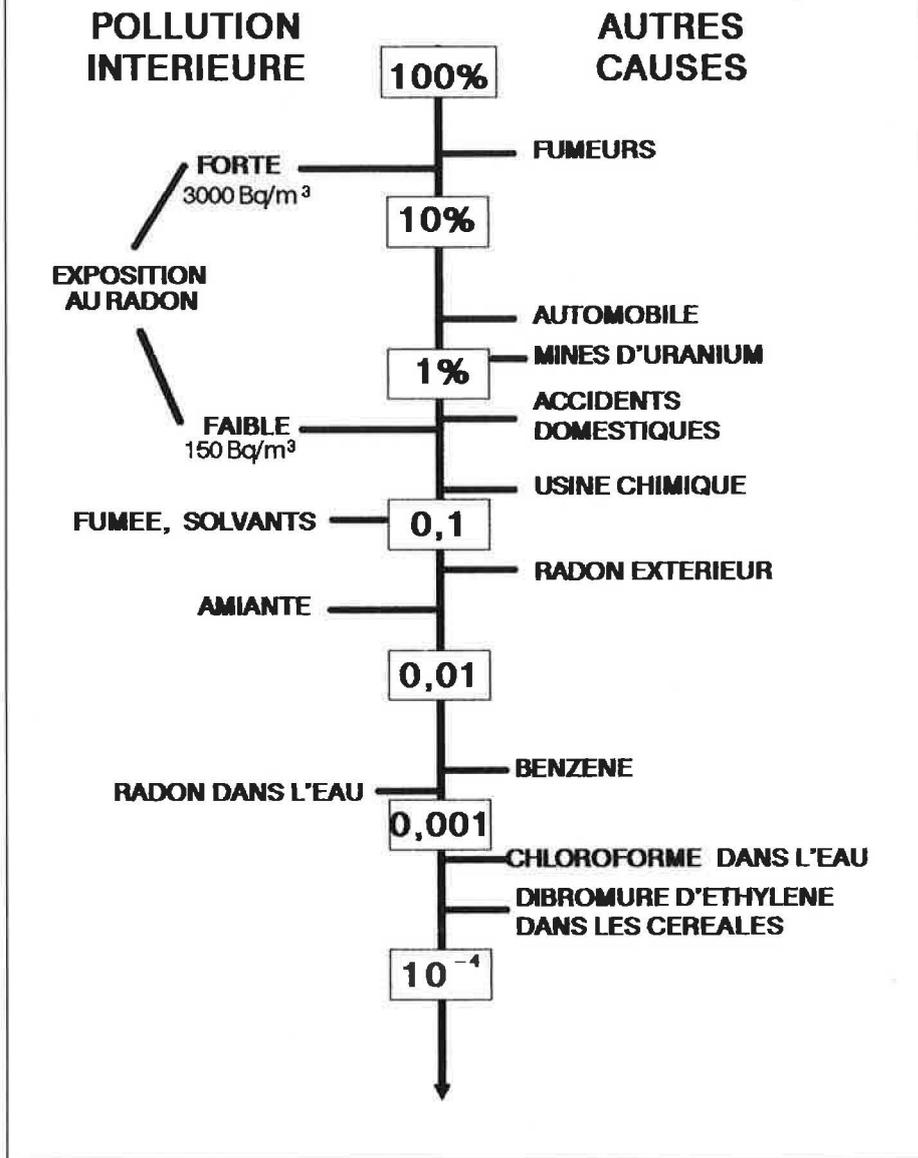


Fig. 2. Risque de mort prématurée (en pour-cent) pour diverses causes, dont les principaux polluants de l'air intérieur.

Le risque moyen dû à la présence de radon dans les bâtiments en Suisse est de 0,2% environ, car l'exposition moyenne y est assez faible.

### Bibliographie

- [1] P. O. Fanger, J. Lauridsen, P. Bluyssen, G. Clausen: « Air Pollution Sources in Offices and Assembly Halls, Quantified by the Olf Unit ». *Energy and Buildings*, 12 (1988) 7.
- [2] J. Schlatter, H. U. Wanner: « Qualité de l'air ambiant et ventilation dans les immeubles en Suisse ». *Etude OFEN* N° 44, Office fédéral de l'énergie, Berne, 1988
- [3] L. Trepte: *Minimum Ventilation Rates*, Final Report. Stephanus Druck GmbH, D-7772 Uhdlingen-Mühlhofen.
- [4] A. V. Nero: « The behaviour of radon and the indoor environment ». In

*Radon und Strahlenbiologie der Lunge*, Rapport PSI N° 22, Würenlingen, 1989.

- [5] P. Schlegel: « Baubiologie Randerscheinung, rotes Tuch oder Zukunftsmarkt? » In *Schweizer Baublatt*, 17.11.1987.
- [6] J. Schwartz: « Gesunder wohnen in Zeittrend ». *Schweizer Energiefachbuch* 1989.
- [7] Norme SIA 180: *Protection thermique des bâtiments*. SIA, Zurich, 1988.
- [8] D. Michel: « Optimaler Luftaustausch in Gebäuden ». SIA documentation D 001, Zürich, 1986.
- [9] C.-A. Roulet, N. Kohler, P. Chuard: *Aération des bâtiments*. Office fédéral des imprimés et du matériel, 3003 Berne, 1989.

