

© INIVE EEIG
Operating Agent
and Management
Lozenberg 7
B-1932 Sint-Stevens-Woluwe
info@inive.org- www.inive.org

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



Air Infiltration and Ventilation Centre

Le CO₂ comme indicateur de la qualité de l'air intérieur

Principes généraux

W. F. de Gids, TNO, Pays-Bas
P. Wouters, BBRI, Belgique

1 Introduction

Le rôle du CO₂ dans le contrôle de la qualité de l'air intérieur des bâtiments se fonde sur le fait que le CO₂ rejeté par la respiration peut être utilisé comme indicateur des bio effluents humains. L'utilisation du CO₂ pour réguler les systèmes de ventilation ne convient néanmoins que si l'environnement intérieur ne contient pas d'autre polluant de l'air en plus grande proportion. Par exemple, lorsqu'une personne prend une douche, le principal polluant dans la salle de bains sera l'humidité. Quoiqu'il en soit, le CO₂ est largement utilisé comme indicateur de la qualité de l'air intérieur. Des capteurs de CO₂ sont fréquemment utilisés dans la ventilation à la demande afin de contrôler les bio effluents humains.

2 Qualité de l'air intérieur et CO₂

La respiration produit du CO₂. L'air expiré par une personne contient approximativement 4% de CO₂ (alors que l'air extérieur n'en contient que 0,04% ou 400 ppm). Le rapport entre l'activité d'une personne et sa production de bio effluents, comme la sueur et l'odeur corporelle connexe, se fait sur base d'une hypothèse implicite. A des concentrations inférieures à 10.000 ppm, le CO₂ est un gaz inodore et inoffensif. De fortes concentrations (quelques pourcents environ) dans

l'environnement intérieur peuvent influencer la fréquence et la profondeur de la respiration humaine. Les personnes sensibles (par exemple les personnes souffrant de maladies respiratoires chroniques non spécifiques) peuvent ressentir des problèmes à des concentrations nettement moindres. L'air extérieur contient environ 400 ppm de CO₂. Le CO₂ extérieur est principalement influencé par les produits de combustion comme par exemple ceux issus des installations de chauffage, du trafic et de l'industrie. Le niveau de CO₂ extérieur a lentement augmenté au cours des dix dernières années. Grosso modo, il a crû de 1 ppm par an durant la dernière décennie. En fonction de l'emplacement et des sources d'émission présentes, le niveau extérieur peut atteindre 500 à 800 ppm. Les niveaux de concentration les plus élevés sont relevés le long des routes à trafic particulièrement intense. De nos jours, on a souvent recours à une concentration de 380 ppm pour les calculs de concentration extérieure. Il importe de prendre acte du fait que l'usage des niveaux de CO₂ intérieur comme indicateurs des niveaux de pollution de l'air intérieur générée par l'occupation des locaux ne doit concerner que l'augmentation de CO₂ au-delà du niveau extérieur et le niveau absolu de CO₂.

Dans l'environnement intérieur, outre les humains, il existe d'autres sources d'émission

de CO₂, comme par exemple les appareils à gaz, la cigarette et les animaux domestiques.

L'émission de CO₂ par personne est fonction de :

- l'âge, le poids et la taille
- le genre
- la grossesse
- l'activité

Des données existent permettant de tenir compte de tous les paramètres ci-dessus dans la production de CO₂ par les êtres humains. [1]

Jusqu'à 14-15 ans, il n'y a guère de différence dans la production de CO₂ en fonction du genre. Au-delà de cet âge, toutefois, des différences surviennent. Les hommes sont généralement plus grands et en moyenne plus lourds, donc ils produisent plus de CO₂. Mais le principal paramètre pour les adultes est le niveau d'activité. En règle générale, la production de CO₂ est quasiment proportionnelle au niveau d'activité.

La production de CO₂ est d'environ 5.6 10⁻⁶ m³/s pour un adulte sédentaire.

2.1 Quelques données à propos du CO₂

Le CO₂ est un gaz inodore.
Son poids moléculaire est de 44 g/mol.

De plus amples informations peuvent être consultées sur :

- Wikipedia
http://fr.wikipedia.org/wiki/Dioxyde_de_carbone ou en anglais
http://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_dioxide
- No. de registre du Chemical Abstracts Service (CAS) : 124-38-9
- No. à l'Inventaire européen des substances chimiques commerciales existantes (EINECS) : 204-696-9

Etant donné que le CO₂ est inoffensif à des concentrations intérieures normales, les limites fixées pour ces concentrations ne sont pas clairement définies.

- Une concentration de 10 % ou 100.000 ppm est assurément mortelle.

- 3 % dans les sous-marins et 2% dans les abris antiaériens sont les bases utilisées pour définir la capacité d'alimentation en air.
- En hygiène du travail, on se base généralement sur une valeur limite de 5000 ppm ou 0,5%. Mais la raison n'en est pas claire.
- Pour la qualité de l'air intérieur, une concentration de 1000 à 1500 ppm, soit 0,1- 0,15 %, est largement acceptée.

Pour en comprendre le fondement, il faut remonter à l'an 1858. L'Allemand Max von Pettenkofer publie un document intitulé "*Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden*" [2] ce qui signifie "*Le renouvellement de l'air dans les immeubles résidentiels*". Sur base de l'odeur émanant des personnes, il recommanda 1000 ppm comme étant la limite sanitaire. Il estimait le niveau extérieur de concentration en CO₂ à 500 ppm. Il conseillait donc de limiter l'augmentation du CO₂ à 500 ppm au-dessus du niveau extérieur. Une concentration absolue de CO₂ de 0,1 % ou 1000 ppm est depuis lors utilisée dans le monde entier en tant que "Pettenkofer-zahl" (nombre de Pettenkofer). En fonction de la concentration extérieure et de l'activité des personnes, cette valeur de 1000 ppm mène à un débit d'air extérieur d'environ 10 dm³/s.

Vers 1935, l'américain Yaglou [3] a effectué une étude sur la ventilation minimale. Il en a tiré l'enseignement que les personnes entrant dans une pièce évaluaient la qualité de l'air de manière nettement plus critique que les personnes déjà présentes dans cette pièce. L'une de ses conclusions en a été que le CO₂ ne constitue pas l'indicateur adéquat de l'odeur corporelle. Il a néanmoins conseillé plus ou moins les mêmes débits d'air que ceux déjà utilisés jusqu'alors, à savoir 7- 8 dm³/s par personne.

Vers 1983, Cain et ses collaborateurs [4] ont étudié le rapport entre la qualité perçue de l'air intérieur et en ont conclu qu'il n'y a guère de différence de perception du CO₂ pour les occupants d'une pièce, même lorsque la ventilation était multipliée par 4. Pour les personnes entrant dans la pièce, par contre, la différence est nette (voir **Tableau 1**).

Tableau 1 : Pourcentage de gens estimant le débit par personne acceptable

Taux de ventilation par personne	% d'acceptation de l'odeur	
	Visiteurs	Occupants
m ³ /h		
9	68	96
18	75	96
27	79	92
36	81	95

Le CO₂ sert couramment de base pour l'évaluation des bio effluents dans les normes et réglementations en matière de ventilation.

- Dans la norme ASHRAE 62- 2 pour les bâtiments résidentiels, on a recours au CO₂ pour la partie de la ventilation qui concerne les personnes. La concentration en CO₂ qui est appliquée est de 1000 ppm.

- Au niveau de la normalisation européenne, une norme CEN 15251 [5] est publiée. Cette norme présente quatre catégories de ventilation liées aux nuisances des odeurs corporelles. Un rapport entre les nuisances des odeurs corporelles et les concentrations de CO₂ est estimé pour ce que l'on appelle les "bâtiments à faible taux d'émissions". Cela signifie des bâtiments dont les occupants sont la principale source de pollution. Les quatre catégories ont conduit à des débits variant de 4 à 10 dm³/s par personne, ce qui correspond à des niveaux de concentration en CO₂ d'environ 350- 800 ppm de plus qu'à l'extérieur. Les valeurs reprises dans cette norme sont basés sur les travaux de P.O Fanger [6].

Tableau 2 : Catégories utilisées dans la norme EN 15251 du CEN montrant le rapport entre le CO₂, le débit et le pourcentage d'insatisfaction.

Catégorie	CO ₂ ppm de plus qu'à l'extérieur	Pourcentage attendu d'insatisfaction %	Débit par personne dm ³ /s
I	350	15	10
II	500	20	7
III	800	30	4
IV	>800	>30	< 4

3 Capteurs de CO₂

En 1992 déjà, la ventilation à la demande était incluse dans l'annexe 18 de l'AIE - ECBCS. Deux rapports importants et encore utiles à ce jour ont été publiés suite à cette annexe: l'un concernait une étude de marché sur les capteurs et l'autre portait sur les essais de ces capteurs [7] [8]. Mais la situation a fortement évolué depuis 1992, notamment dans le domaine des capteurs de CO₂. Leur disponibilité, leur précision, leur stabilité et leur prix ont changé radicalement (voir Figure 1).

En 2008, le prix d'un capteur de CO₂ est inférieur à 50 euros. Pour un système de ventilation innovant d'un coût total de 2.500 à 4.000 euros par habitation, le coût relatif des capteurs de CO₂ varie de 5 à 10%. Si le prix a baissé, les performances se sont, dans la plupart des cas, améliorées.

Les spécifications de ces capteurs en termes de précision et de constance ont également été perfectionnées. La majorité de ces détecteurs de nouvelle génération sont même pourvus d'une fonction de calibrage automatique.

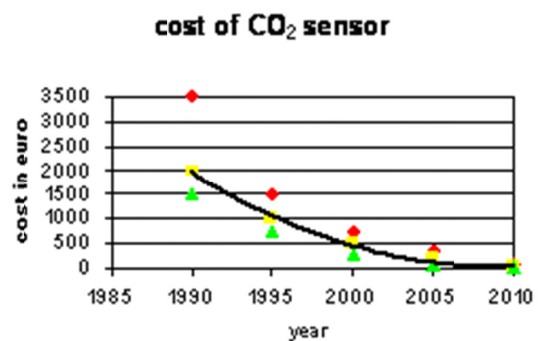


Figure 1 : Prix des capteurs de CO₂ au fil des ans

4 Bibliographie

1. Bouwman, H.B. et P. Joosting. Het verband tussen de CO2 afgifte van de mens en het metabolisme en enkele andere parameters. IMG TNO, report C457, Delft, 1980.
2. von Pettenkofer, M.S. Ueber den Luftwechsel in Wohngebäuden. Cotta'sche Buchhandlung. München 1858.
3. Yaglou, C.P. Ventilation Requirements. ASHVE Transactions Volume 43, 1937.
4. Cain, W.S et al. Ventilation Requirements in Buildings. Atmos. Environment, 1983.
5. CEN EN standard 15251. Indoor environment input parameters for design and assessment of energy performance of buildings. CEN Brussels May 2007.
6. Fanger, P.O. Introduction of the Olf and Decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors. Energy and Building, 1988.
7. IEA ECBCS Annex 18 Demand Controlled Ventilation. P Fahlen, H Andersson. Swedish National Testing and Research Institute, Boras, 1992, SP Report 1992.
8. IEA ECBCS Annex 18. Demand Controlled Ventilation Systems: Sensor Market Survey. W Raatschen. Swedish Council for Building Research, D2:1992, 1992.

Version originale en anglais

Traduction française réalisée avec le soutien de :



Wallonie



CSTC

L'« **Air Infiltration and Ventilation Centre** » (**AIVC**) a été créé dans le cadre de l'Agence internationale de l'Énergie et est financé par les pays suivants : Belgique, République Tchèque, Danemark, France, Grèce, Japon, République de Corée, Pays-Bas, Norvège et États-Unis d'Amérique.

L'AIVC fournit un support technique en matière de recherche et d'applications dans le domaine de la ventilation et des infiltrations d'air. L'objectif est de promouvoir la compréhension du comportement complexe des courants d'air dans les bâtiments et de faire progresser l'application effective des mesures d'économie d'énergie qui y sont associées dans la conception de nouveaux bâtiments et l'amélioration des bâtiments existants.