#3061

#3061

OLF ET DECIPOL

de nouvelles unités pour la qualité perçue de l'air

P.O. Fanger, professeur au laboratoire de Chauffage et de Conditionnement de l'air de l'Université technique du Danemark.

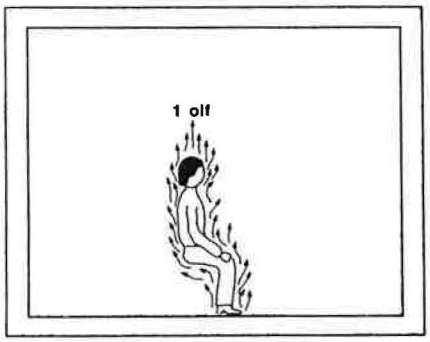
Si les causes du syndrome du bâtiment malsain (SBS = Sick Building Syndrome) s'avère délicate à cerner, le problème existe et mérite qu'on y réfléchisse. D'où le thème retenu par l'AICVF pour la conférence organisée conjointement avec l'IUT de Rennes dans le cadre d'Interclima, réunissant Pierre Jardinier, en tant que spécialiste de la ventilation, et le professeur Fanger, bien connu pour ses travaux de recherche sur l'ambiance intérieure.

Voici, dans un premier temps, la présentation des deux nouvelles unités retenues pour quantifier la manière dont l'air est perçu par les êtres humains, résumant une partie de l'intervention du professeur Fanger, dont les révélations et propositions n'ont pas fini de nous faire réfléchir.

Dans de nombreux bureaux, écoles, habitations et bâtiments du tertiaire, l'air est souvent perçu comme étant gênant, désagréable, confiné et sentant le renfermé. Dans beaucoup de cas, il n'a pas été possible d'identifier par l'analyse chimique de l'air les causes de ces plaintes. C'est pourquoi, deux nouvelles unités, l'olf et le décipol, ont été introduites pour quantifier la manière dont l'air est perçu par les êtres humains [1]. L'olf est une unité quantifiant l'intensité de la source de pollution d'air ; le décipol est une unité quantifiant la pollution d'air perçue.

Les hommes perçoivent l'air grâce à leurs sens olfactif et chimique qui sont sensibles aux substances odorantes et irritantes présentes dans l'air.

Fig. 1. Un olf est la pollution de l'air d'une personne type, c'est-à-dire d'un adulte moyen travaillant dans un bureau ou lieu de travail du tertiaire, sédentaire, en situation d'équilibre thermique avec une hygiène type, équivalant à 0,7 bain/jour.

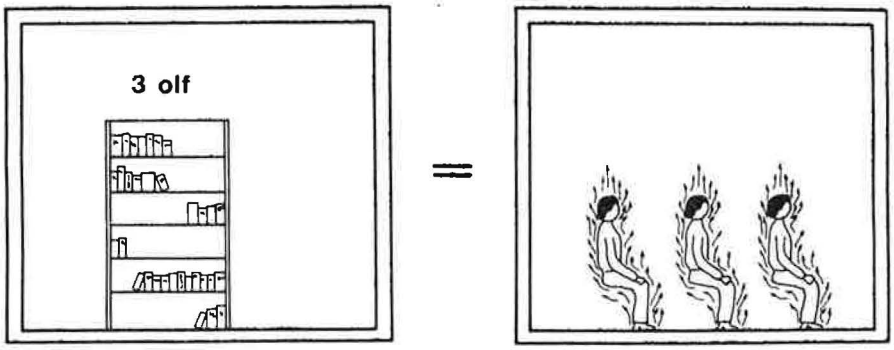


L'unité OLF

Un olf (du latin « olfactus » : sens olfactif) est le taux d'émission de polluants atmosphériques (bioeffluents) d'une personne type (fig. 1).

Toute autre source de pollution s'exprime par le nombre de personnes types nécessaires pour causer la même insatisfaction que la source de pollution réelle (fig. 2).

Fig. 2. Une source polluante présente une intensité de 3 olfs si la pollution de 3 personnes types cause la même insatisfaction que la source.



L'olf est ainsi une unité relative similaire au clo pour l'isolation du vêtement ou au met pour le taux de métabolisme.

La pollution provenant d'un être humain a été choisie comme référence parce qu'elle est bien connue et parce qu'on dispose de connaissances étendues sur la façon dont les bioeffluents sont perçus par les autres êtres humains.

Depuis Pettenkofer [2] et Yaglou [3], l'être humain est considéré comme la source principale de pollution dans les bureaux, les salles de réunion et les autres locaux de bâtiments du tertiaire. Cette façon de penser se reflète aujourd'hui dans les normes de ventilation du monde entier qui définissent typiquement les exigences de ventilation sous la forme du débit d'air par occupant.

Les connaissances les plus récentes sur les bioeffluents sont représentées sur la figure 3, où l'on peut voir la courbe servant à la définition d'un olf [1]. Cette courbe montre comment l'air pollué par une personne type (un olf) est perçu à différents taux de ventilation.

Cette figure indique le pourcentage d'insatisfaits, c'est-à-dire de ceux percevant l'air comme inacceptable juste après être entrés dans le local. La courbe est basée sur les bioeffluents de plus de mille sujets jugés par 168 personnes des deux sexes [1]. Une personne type est un adulte considéré moyen, travaillant dans un bureau ou dans un lieu de travail similaire du secteur tertiaire, sédentaire, jouissant d'un confort thermique normal et bénéficiant de conditions hygiéniques équivalant à 0,7 bain/jour. Le tableau 1 définit les valeurs d'olfs pour quelques sources polluantes connues. Comme le concept d'olf est nouveau [1], seules quelques valeurs existent, mais des valeurs d'olfs pour des matériaux de bâtiment typiques et des sources polluantes sont maintenant rassemblées d'une manière courante.

L'unité DÉCIPOL

La concentration de la pollution atmosphérique dépend de la source polluante et de la dilution réalisée par la ventilation. La pollution atmosphérique perçue est définie comme étant la concentration des bioeffluents humains pouvant conduire à la même insatisfaction que la pollution atmosphérique réelle [1]. Un décipol (pol du latin « pollutio » : pollution) est la pollution causée par une personne type (un olf) ventilée par 10 l/s d'air non pollué (fig. 4). C'est-à-dire que : 1 décipol = 0,1 olf/(l/s).

La figure 5 montre le pourcentage de mécontents en fonction de la perception d'air pollué exprimée en décipols. La figure 5 est déduite des mêmes données que la figure 3.

Fig. 3. Insatisfaction causée par un olf à différents taux de ventilation. Les insatisfaits sont les personnes, qui en entrant dans l'espace, trouvent l'air inacceptable. La courbe est basée sur les bioeffluents de plus de mille personnes jugées par 168 sujets [1].

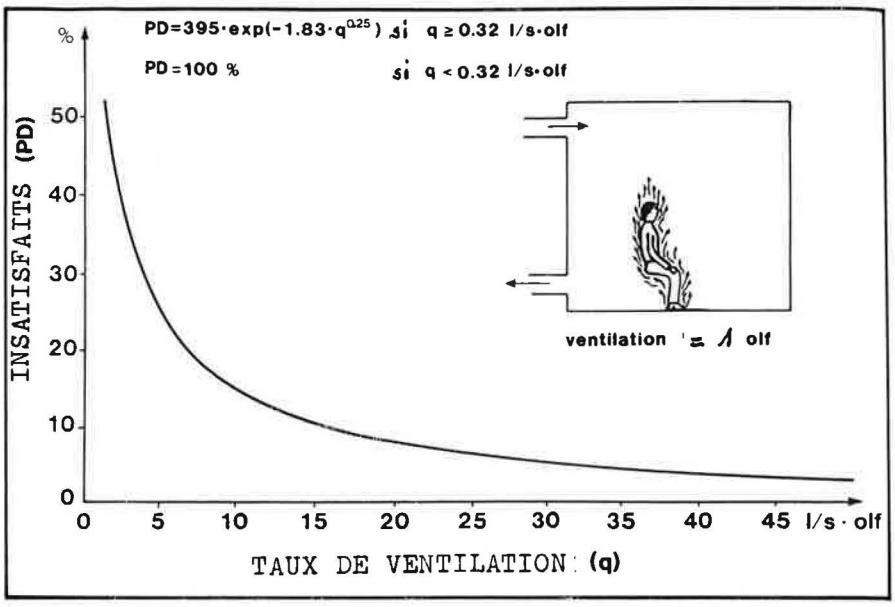
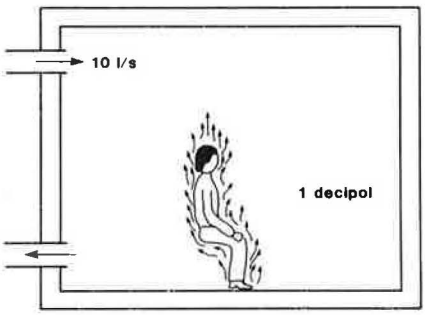


TABLEAU 1. Valeurs en olfs des sources de pollution

Personne sédentaire	1 met		1 olf
Personne active	4 met	[4]	5 olfs
Personne active	6 met	[4]	11 olfs
Personne fumant		[5]	25 olfs
Fumeur moyen		[6]	6 olfs
Matériaux dans les bureaux			0-0,5 olf/m² de sol

Fig. 4. Un décipol est la pollution d'air perçue dans un espace ayant une source polluante d'un olf ventilé par 10 l/s d'air non pollué. On suppose des conditions de régime stables et un mélange homogène.



Dans beaucoup de bâtiments bien ventilés, avec de faibles sources de pollution, la pollution atmosphérique perçue est inférieure à un décipol ou 15 % d'insatisfaits (« bâtiments non pathogènes ou sains »).

Les locaux ayant une faible ventilation et des sources polluantes élevées peuvent facilement avoir une pollution d'air perçue d'environ dix décipols ou 60 % d'insatisfaits. Des qualités d'air de 0,1 décipol ou 1 % d'insatisfaits sont difficiles à constater dans les ambiances intérieures.

Fig. 5. Pourcentage d'insatisfaits en fonction de la pollution d'air perçue en décipols.

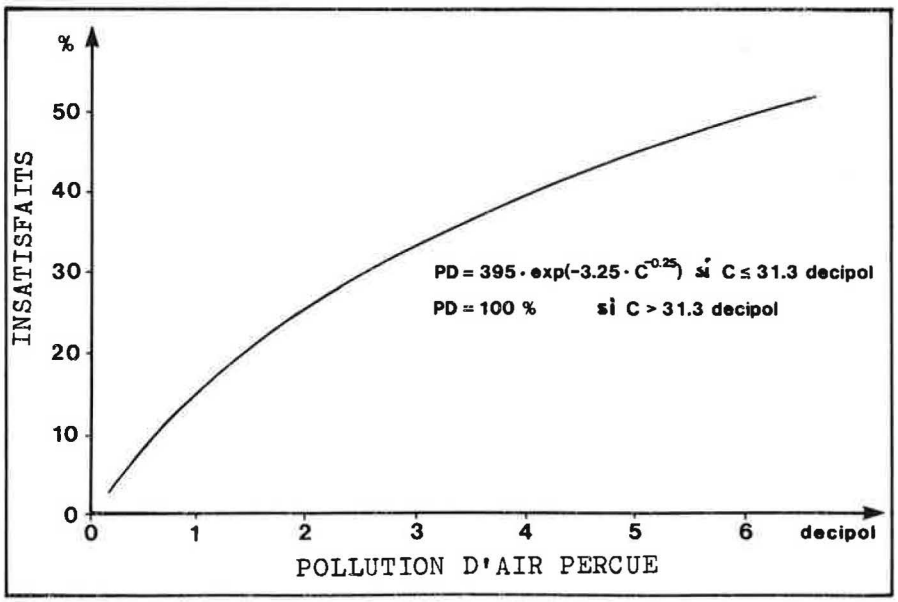
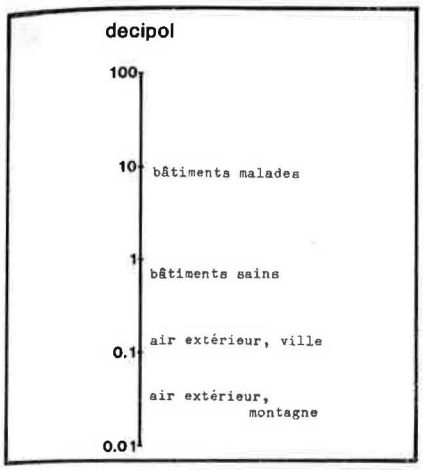


Fig. 6. L'échelle des décipols pour la pollution d'air perçue illustrée par des exemples typiques.



La figure 6 illustre l'échelle des décipols et indique les niveaux typiques de qualité d'air perçue.

Analogie avec les unités lumineuse et acoustique

Les deux unités de la qualité d'air, olf et décipol, correspondent aux unités analogiques utilisées pour la lumière et le bruit.

Comme l'indique la liste figure 7, l'olf correspond au lumen de la lumière. Le lumen est l'unité lumineuse émise par une source. On ne considère que la radiation électromagnétique sensible à l'œil humain, c'est-à-dire ayant des longueurs d'onde comprises entre 380 et 720 nm. Dans ce domaine l'impact des différentes longueurs d'onde est pondéré selon la sensibilité de l'œil.

Pour le bruit, l'intensité de la source est donnée par la puissance acoustique mesurée en watts. On ne considère que la puissance sensible à l'oreille humaine, c'est-à-dire ayant des fréquences comprises entre 20 et 20 000 Hz.

L'unité olf intègre les polluants émis suivant leur impact sur le nez humain et la gêne perçue.

Le décipol exprime la perception par le nez d'air pollué comme le lux exprime la lumière perçue par l'œil et le décibel (A) exprime le son perçu par l'oreille. Le lux et le décibel expriment le niveau perçu indépendamment de la gêne. Un dB(A) donné peut, par exemple, être causé par la circulation ou de la musique de chambre. Nous avons ici une différence par rapport au décipol ; on a trouvé plus utile de définir le décipol par la gêne plutôt que par le niveau perçu ou l'intensité. Un certain niveau de décipols exprime une gêne constante, c'est-à-dire un pourcentage constant d'insatisfaits, indépendamment du type de pollution atmosphérique.

Au début, la lumière et le bruit n'ont pu être mesurés seulement qu'en utilisant l'homme comme instrument de mesure. Ensuite, ont été mis au point des instruments incorporant des informations concernant la sensibilité de l'œil et de l'oreille, dépendant de la longueur d'onde. D'une manière analogue, nous sommes capables à l'heure actuelle, de mesurer l'olf et le décipol seulement en utilisant l'homme comme instrument de mesure, c'est-à-dire en utilisant un panel de juges. Le défi est toutefois de concevoir à l'avenir un instrument pouvant mesurer la pollution d'air perçue — un compteur de décipols en quelque sorte.

Risques hygiéniques

Il convient de souligner que le niveau de décipols exprime la façon dont l'air est perçu par les êtres humains mais qu'il n'indique pas les risques de la pollution sur la santé. Tout risque de ce genre doit être considéré séparément. Toujours est-il que nos sens — à quelques exceptions près — sont aussi influencés par les polluants nocifs. Nos sens ont une fonction d'avertissement importante contre les dangers de l'environnement. La pollution atmosphérique perçue en décipols peut donc fournir, dans de nombreux cas, une première estimation d'un risque hygiénique possible.

Mesure des sources de pollution

La mesure de la valeur d'olfs exige un panel de juges et une mesure du débit d'air neuf introduit dans le local. L'emploi de panels constitués de sujets humains est courant dans plusieurs autres domaines où les sens de l'homme sont supérieurs à l'analyse chimique, par exemple dans l'industrie et la science de l'alimentation. Le panel doit juger l'acceptabilité de l'air ambiant immédiatement après être entré dans le local [1, 4]. Avant chaque jugement, le panel doit rester quelques minutes dans un espace à faible pollution, si nécessaire dehors. Si la pollution à l'extérieur est significative, on peut demander au panel de juger également l'air extérieur. La pollution perçue de l'air en décipols peut ensuite être trouvée à partir de la figure 5.

Lorsque les conditions sont stables, l'intensité totale de toutes les sources polluantes, dans un espace et le système de ventilation correspondant, s'il en existe un, peuvent être reliés par :

$$C_{extérieur} + \frac{G}{Q} = C_{intérieur}$$

Où :

$C_{extérieur}$: pollution d'air perçue à l'extérieur [pol]

$C_{intérieur}$: pollution d'air perçue à l'intérieur [pol]

G : intensité de toutes les sources polluantes dans l'espace et le système de ventilation [olf]

Q : taux de débit d'air neuf [l/s]

Les sources polluantes dans l'espace peuvent être séparées des sources provenant de l'installation de ventilation en arrêtant le fonctionnement du système et en demandant au panel de prononcer un deuxième jugement. Q est alors l'infiltration d'air extérieure devant être mesurée.

Une certaine source polluante dans un local peut être mesurée en introduisant la source dans l'espace ou en la faisant disparaître et en demandant au panel d'émettre un jugement dans des conditions de régime stables avant et après le changement.

La pollution provenant de nombreux matériaux de bâtiment, revêtements de parois, tapis, etc., peut très commodément être quantifiée en olfs par m^2 de surface de plancher, tandis que les meubles et équipements de bureau peuvent être quantifiés en olfs par élément.

Des mesures systématiques des sources polluantes pourraient très facilement être réalisées dans des cellules d'essai climatiques où les cellules et le système de conditionnement d'air auraient une valeur modeste et connue en olfs et où le volume d'air introduit pourrait être facilement mesuré.

Application à l'extérieur

Les nouvelles unités peuvent également servir à quantifier la pollution d'air extérieure. Des milliers de polluants sont dégagés aujourd'hui en faibles concentrations ; seuls quelques-uns d'entre eux sont mesurés de façon typique, par exemple SO_2, NO_x ainsi que différentes particules. En se basant sur les valeurs en olfs des sources polluantes extérieures (centrales thermiques, véhicules automobiles, etc.), on peut prédire la pollution d'air perçue dans une ville, exprimée en décipols, par les mêmes modèles employés pour le calcul de la dispersion de SO_2, NO_x ; des valeurs en olfs pour de nombreuses sources polluantes extérieures peuvent être déterminées en olfs par watt produit par la combustion de mazout, essence, kérosène, gaz, charbon et bois.

Fig. 7. Comparaison entre les nouvelles unités pour la pollution atmosphérique et les unités analogues pour la lumière et le bruit.

	lumière	bruit	pollution atmosphérique
Intensité de la source niveau perçu	lumen lux	watt décibel (A)	olf décipol

Conclusions

Les deux unités, l'olf et le décipol, quantifient la pollution atmosphérique telle qu'elle est perçue par les êtres humains à l'intérieur et à l'extérieur. Les sources polluantes sont quantifiées par l'unité désignée olf. Un olf est la pollution atmosphérique provenant d'une personne type. Toute autre source polluante est quantifiée par le nombre de personnes types (olfs) nécessaires pour causer la même insatisfaction que la source polluante réelle ; l'olf est analogue au lumen pour les sources lumineuses et au watt pour les sources sonores.

La pollution atmosphérique perçue est quantifiée par l'unité désignée décipol. Un décipol est la pollution causée par une personne type (un olf) ventilée par 10 l/s d'air non pollué — 1 décipol = 0,1 olf/(l/s) ; le décipol est analogue au lux pour la lumière et au décibel (A) pour le bruit.

On propose certaines applications des nouvelles unités et on présente une méthode de mesure des sources polluantes et de la pollution perçue de l'air. ■

BIBLIOGRAPHIE

[1] P.O. FANGER : *Introduction of the olf and the decipol units to quantify air pollution perceived by humans indoors and outdoors.* Energy and Buildings, vol. 12, n° 1, 1988, pp. 1-6.

[2] M.V. PETTENKOFER : *Über den Lutfwechsel in Wohngebäuden.* München, 1958.

[3] C.P. YAGLOU, E.C. RILEY, D.I. COGGINS : *Ventilation requirements.* ASHVE Transactions, vol. 42, 1936, pp. 133-162.

[4] C. RASMUSSEN, G.H. CLAUSEN, B. BERG-MUNCH, P.O. FANGER : *The influence of human activity on ventilation requirements for the control of body odor.* In P.O. Fanger (ed.) : CLIMA 2000, vol. 4, Copenhagen 1985, pp. 357-362.

[5] W.S. CAIN, B.P. LEADERER, R. ISSEROFF, L.G. BERGLUND, R.J. HUEY, E.D. LIPSITT, D. PERLMAN : *Ventilation requirements in buildings : Control of occupancy odor and tobacco smoke odor.* Atmos. Environ., vol. 17, n° 6, 1983.

[6] 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, vol. 12, n° 1, 1988, pp. 7-19.

Synthèse de l'intervention de Pierre JARDINIER

ingénieur-conseil, directeur d'Aereco

Les logements sont des volumes presque fermés sur l'extérieur et recoupés en cellules (les chambres). Chaque cellule est en communication avec l'extérieur par des entrées d'air et des fissures. Pour le même équipement de ventilation, et compte tenu de l'hétérogénéité des fissures, les débits d'air qui transitent dans les chambres varient dans un rapport de 1 à 3.

Par ailleurs, chaque logement peut être occupé par 1,2... 5 personnes. Comme il est clair que le besoin de ventilation est lié au nombre de pollueurs, il en résulte que le degré de satisfaction des occupants d'un logement dépend de l'importance de la famille, de la qualité de l'étanchéité et de la chance de dormir dans la bonne — ou mauvaise — chambre.

Ces constatations suggèrent que la ventilation à débit constant proportionnel au nombre de pièces est un peu dépassée et qu'elle devrait céder le pas à des ventilations modulées, adaptables en fonction du besoin (qui reste à préciser).

Signalons qu'il n'y a pas distorsion entre les positions de P.O. FANGER, exposées ci-après, et celles de P. JARDINIER : lorsque tous les olfs fantômes et anormaux auront été chassés, il restera une loi du type :

$$\% \text{ satisfaction} = F \frac{(\text{débit d'air})}{(\text{nombre de personnes})}$$

Une centaine de personnes ont assisté à la conférence AICVF à Interclima. De gauche à droite, au premier rang : Mlle Cabourdin, MM. Van den Bossche, Degrott, Casari, au deuxième rang, le professeur Joubert, Mme Brenière, M. Caroff.

Après son intervention, M. Jardinier (au premier rang à gauche), écoute attentivement l'exposé du professeur Fanger.

À PROPOS DE L'AUTEUR

P. OLE FANGER est Professeur à l'Université Technique du Danemark. En collaboration avec son équipe internationale de chercheurs au laboratoire de Chauffage et de Conditionnement d'air, il a conduit des études approfondies sur l'ambiance intérieure et son impact sur les êtres humains. Il a reçu de nombreuses récompenses internationales pour ses travaux scientifiques. Il est président de la Fédération des sociétés nordiques de génie climatique (SCANVAC) et il fut le président de la 1re Conférence internationale sur l'AIR AMBIANT INTÉRIEUR en 1978. En 1985, il fut le président de CLIMA 2000, le 1er Congrès mondial sur le génie climatique. Il est membre de l'Ashrae.