

**Roger Cadiergues**

**MémoCad nE24.a**

# **LA QUALITÉ DE L'AIR : LES ODEURS**

## **SOMMAIRE**

**nE24.1.** Les odeurs bases de la ventilation

**nE24.2.** Les odeurs spécifiques

**nE24.3.** Exemples d'odeurs caractéristiques

**nE24.4.** De l'occupation aux débits de ventilation

**nE24.5.** Olf et décipols



La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective», et d'autre part que les analyses et courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration «toute reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite».

## nE24.1. LES ODEURS BASES DE LA VENTILATION

Les odeurs jouent un rôle capital en matière de ventilation, mais il existe deux catégories d'odeurs, conduisant à deux types de ventilations : la ventilation générale et les ventilations spécifiques. Il est commode de commencer notre examen par la seconde catégorie. Auparavant nous allons examiner l'ensemble des problèmes posés par l'exploitation numérique des données sur les odeurs.

### LES ODEURS SPÉCIFIQUES

Les odeurs et l'odorat ont fait l'objet de très nombreuses études, l'un des objectifs principaux étant souvent de tenter de définir un **niveau des odeurs**. Ces études sont celles qui peuvent servir à ce que nous avons appelé les «**ventilations spécifiques**», qui concernent ce que nous appellerons les «**odeurs spécifiques**». L'essentiel des études correspondantes est présenté à la fiche suivante (**nE24.2**). Pour l'essentiel il en résulte qu'il n'existe pas de méthode simple permettant de qualifier ces niveaux dans tous les cas, le recours à des solutions simplifiées étant souvent indispensable.

### LES ODEURS GÉNÉRALES

L'application nous concernant en premier lieu - la ventilation générale - vise essentiellement à assurer une **qualité correcte de l'air intérieur**, liée avant tout à l'occupation humaine dans tous les cas que nous allons considérer à la suite. Il faut bien constater qu'il n'existe pas de base numérique totalement sûre pour définir la qualité de l'air dans ces conditions. On peut essayer de la mesurer par la plus ou moins grande satisfaction des occupants, mais on se heurte alors au fait que certains sujets sont beaucoup plus sensibles que d'autres. Néanmoins, dans le passé, de multiples études ont été consacrées à ce sujet, et ont fait l'objet de publications diverses. Ici nous ne retiendrons que deux méthodes permettant de justifier quantitativement les débits de ventilation générale.

1. La première est celle de Max von Pettenkoffer. Elle date de 1858, mais reste manifestement très valable, surtout par rapport aux autres méthodes proposées ici ou là depuis 150 ans. Les procédures en résultant sont présentées à la fiche **nE24.3**.

2. La deuxième démarche est celle de P. O. Fanger, mise au point à partir de 1980. Très abondante en formules et unités diverses, elle est souvent citée et reprise dans la littérature technique, mais - à notre avis - sans critiques suffisantes. Les démarches correspondantes sont présentées à la fiche **nE24.4**.

### LES OBSERVATIONS EMPIRIQUES

Au-delà même de tout examen scientifique (nous y revenons dans la fiche suivante) le bon sens révèle un certain nombre de faits essentiels qui sont les suivants. Certaines odeurs - la majorité d'entre elles probablement - est liée à la présence de matériaux tels que peintures diverses, linoléum, etc. Nous nous adaptons progressivement à toutes les odeurs, et la sensation «régresse» avec le temps, bien que la source d'odeur se maintienne au même niveau de dégagement. De façon très générale toute odeur se maintient même quand la source disparaît, ce qui est manifestement dû à l'absorption par les parois ou les objets des vapeurs. Très souvent - par exemple pour l'odeur de cigarette - l'intensité apparente de l'odeur est un peu plus faible quand l'humidité de l'air augmente. Très souvent l'intensité apparente de l'odeur s'affaiblit quand la température de l'air augmente.

### L'ABSORPTION DES ODEURS

Il est souvent utile d'effacer les odeurs en utilisant des filtres absorbants sur l'air recyclé. Pour cela on utilise les absorbants suivants.

<b>Gaz (vapeurs) à absorber</b>	<b>Absorbant type</b>	<b>Imprégnation du filtre</b>
vapeurs organiques, O <sub>3</sub>	charbon actif	aucune
composés organiques cycliques	alumine active silicagel	aucune aucune
SH <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub>	alumine active	MnO <sub>4</sub> K
gaz acides	charbon actif NaOH + Ca(OH) <sub>2</sub>	aucune aucune
vapeur de mercure	charbon actif	Ag, I <sub>2</sub> , S, KI
iode	charbon actif zéolithes	amines, I <sub>2</sub> , KI aucune
dioxyde d'azote	charbon actif	CO <sub>3</sub> NaH
vapeur d'eau,	silicagel	aucune

## nE24.2. LES ODEURS SPÉCIFIQUES

### LE FONCTIONNEMENT DE L'ODORAT

Les gaz (ou vapeurs) odorants possèdent généralement des masses molaires inférieures à 300. Leur concentration dans l'air se mesure en millionième [ppm]. Une concentration qui peut - du moins pour certaines d'entre elles - être extrêmement faible (10-4 ppm par exemple pour la triméthylamine), rendant ainsi la mesure physique pratiquement impossible sauf en laboratoire très spécialisé.

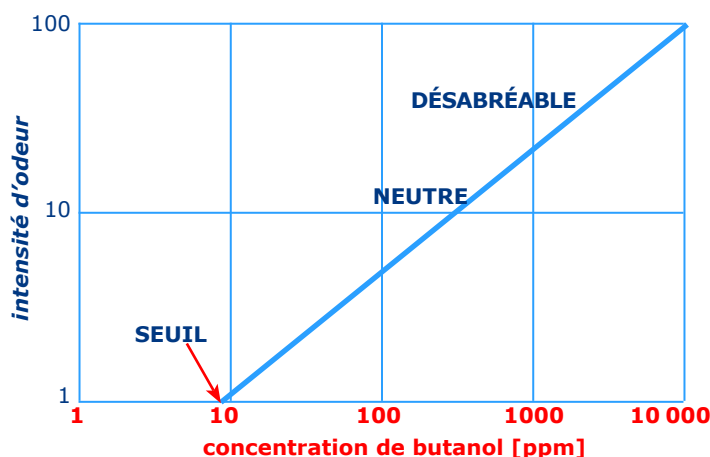
L'anatomie du site de l'odorat est connue avec précision. Mais son fonctionnement est difficile à traduire en règles simples, ce qui se comprend assez bien : l'essentiel étant constitué de cellules nerveuses très nombreuses (plus de 5 millions de neurones) qui peuvent réagir différemment selon les sujets. En effet certains sujets - pour des raisons de sexe ou de pathologie - possèdent des seuils extrêmement faibles. En effet, également, intervient la variabilité des flux hormonaux, plus ou moins spécifiques à chaque instant, qui jouent un rôle essentiel. Sur le plan général on compte plus de 4000 odeurs, mais chacun n'en peut reconnaître qu'un nombre limité.

### LA MESURE DES SENSATIONS OLFACTIVES

Il est bien évident que - pour traduire les données physiologiques en chiffres utilisables dans nos applications - il est d'abord essentiel de tenter de parvenir à mesurer les sensations olfactives sous une forme ou sous une autre. On est ainsi amené à tenter de mesurer, pour chaque odeur, avec un olfactomètre adéquat, les caractéristiques suivantes :

- . le seuil de détection,
- . l'intensité,
- . la «qualité» (souvent plusieurs composantes).

Le schéma suivant fournit la présentation la plus fréquente, basée sur l'odeur de référence, celle du butanol (échelles logarithmiques).



On constate qu'on y définit trois niveaux : *seuil*, *neutre*, *désagréable*. Dans ce type d'olfactométrie la droite (pour toute matière) - en fonction du logarithme de concentration de la matière en cause - fournit la concentration de butanol équivalente pour la sensation observée.

### D'AUTRES MODES D'EXPRESSION

Vous trouverez à la fiche suivante (nE24.3) deux autres présentations :

- . l'une est une table des **seuils** de contaminants courants,
- . l'autre est une autre définition (plus subjective) de l'**intensité** des odeurs.

D'une manière générale, lorsqu'on veut quantifier cette intensité d'odeur ( $S$ ), on utilise la loi suivante (dite parfois loi de Steven) en fonction de la concentration  $C$  :

$$S = k C^n,$$

$n$  étant un exposant (inférieur à 1) variant avec la matière en cause - ce qui rend la loi assez malcommode en dehors du fait qu'elle exprime mieux les phénomènes si l'on utilise les grandeurs logarithmiques.

### AUTRES DONNÉES

Vous trouverez à la fiche nE24.4 :

- . une présentation sommaire des principales **sources** d'odeurs,
- . des indications (assez qualitatives) sur les **paramètres affectant** les odeurs.

## nE24.3. EXEMPLES D'ODEURS CARACTÉRISTIQUES

### LES SEUILS

Il existe, pour différents gaz, des données relativement constantes pour chacun. Ce qui conduit, par exemple, à établir la table suivante (ci-dessous) des seuils d'olfaction [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] pour de nombreux gaz. Certains gaz ne figurent pas dans cette table (ex. monoxyde ou dioxyde de carbone, mercure, etc.) étant classés «non odorants».

Gaz odorant	Seuil d'olfaction [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]
Acétaldéhyde	1,2
Acétone	47
Acétonitrile	-
Acide sulfurique	1
Acroléine	0,35
Acrylonitrile	50
Ammoniac	33
Benzène	15
Butanone (2-)	30
Chlore	0,007
Chloroforme	1,5
Chlorure d'allyl	1,4
Chlorure de benzyl	0,2
Chlorure de méthylène	750
Chlorure de vinyle	1400
Chlorure d'hydrogène	12
Cyanure d'hydrogène	1
Crésol (p-)	0,06
Dichlorodifluorométhane	5400
Dichlorure d'éthylène	25
Diisocyanate de toluène	15
Dioxane	300

Gaz odorant	Seuil d'olfaction [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]
Dioxyde d'azote	51
Dioxyde de soufre	1,2
Disulfure de carbone	0,6
Fluorure d'hydrogène	2,7
Formaldéhyde	1,2
Heptane (n-)	2,4
Méthanol	130
Oxyde d'éthylène	200
Ozone	0,2
Phénol	0,18
Phosgène	4
Propane	1800
Sulfure d'hydrogène	0,007
Tétrachlorétance	24
Tétrachloréthylène	140
Tétrachlorure de carbone	130
Toluidène (o-)	24
Toluène	8
Trichloréthane (1,1,1)	1,1
Trichloréthylène	120
Xylène	2

### LES INTENSITÉS

Pour classer les intensités des odeurs on recourt généralement aux définitions suivantes permettant de distinguer 8 niveaux d'intensité. D'autres échelles existent, mais sont en général très voisines.

Echelle (logS)	signification concrète
<b>0</b>	<i>pas d'odeur du tout</i>
<b>1</b>	<i>odeur juste décelable</i>
<b>2,5</b>	<i>odeur très légère</i>
<b>5</b>	<i>odeur légère</i>
<b>7,5</b>	<i>odeur assez légère mais nette</i>
<b>10</b>	<i>odeur affirmée</i>
<b>12,5</b>	<i>odeur forte</i>
<b>15</b>	<i>odeur très forte</i>

## nE24.4. DE L'OCCUPATION AUX DÉBITS DE VENTILATION

### LES ORIGINES DU SUJET

La qualité de l'air intérieur des locaux occupés, sans source spéciale d'odeurs spécifiques, repose sur une introduction suffisante d'air extérieur afin de limiter les effets (essentiellement olfactifs) de l'occupation, une source d'odeurs difficiles à quantifier. Pourtant Max von Pettenkoffer a démontré, dès le milieu du dix-neuvième siècle, que l'élimination de ces odeurs pouvait être repérée par une concentration interne de CO<sub>2</sub> dans l'air limitée à une valeur qu'il a fixée à 1000 [ppm]. Etant donné qu'à cette époque la teneur en CO<sub>2</sub> de l'air extérieur était de l'ordre de moins de 400 ppm, cela revient à dire que les bioeffluents dégagés par l'occupation humaine ne doivent pas provoquer une hausse de plus de 600 ppm si l'on veut maintenir une qualité de l'air suffisante. Depuis les études de Pettenkoffer aucune donnée nouvelle n'est venue contredire ce choix un peu grossier, et apparemment simpliste.

### LE CO<sub>2</sub> INDICE DE QUALITÉ DE L'AIR EXTÉRIEUR

Prendre le CO<sub>2</sub> comme indice de qualité de l'air intérieur, seule technique ayant résisté au temps et à l'évolution de nos connaissances, présente deux grands avantages souvent méconnus.

1. En limitant à 600 [ppm] - éventuellement 800 ou 1000 - l'apport lié à l'occupation, on peut déterminer les débits d'air noeu d nécessaires en ventilation générale : c'est la solutions que nous avons proposée au Conseil Supérieur d'Hygiène lorsque - ver 1975 - il a fallu procéder à une révision valable du **Règlement Sanitaire Type**, les équipes chargées de la modernisation du **Code du Travail** ayant adopté la même démarche pour leur secteur. Vous en trouverez les bases quantitatives à la suite.
2. Le grand avantage de l'emploi du CO<sub>2</sub> comme indicateur est de permettre de moduler les installations de ventilation, qui sont alors **pilotées par des détecteurs de CO<sub>2</sub>**, bien préférables aux détecteurs de présence parfois proposés.

### DE L'OCCUPATION DES LOCAUX AUX DÉBITS DE VENTILATION GRÂCE AU CO<sub>2</sub>

L'hypothèse que nous adoptons est que le dégagement de bioeffluents par l'homme est proportionnel à son dégagement de chaleur, c'est à dire à son *métabolisme M* [W]. L'organisme tirant son énergie de l'oxydation des aliments, chaque unité d'énergie correspond à la consommation d'une quantité bien déterminée d'oxygène aboutissant à une quantité bien déterminée de CO<sub>2</sub>. La formation de CO<sub>2</sub> dans la production de chaleur humaine est donc un indice direct du métabolisme, les calculs étant facilités par le fait que les données scientifiques sont, sur ce sujet, fort précises. Le métabolisme dépendant, à la fois, de l'activité physique des sujets et de leur volume (donc le sexe et l'âge) il a été assez aisé, compte tenu de la limite en CO<sub>2</sub> dégagé, de traduire les résultats sous forme de débits d'air neuf à fournir par occupant, en fonction de son activité physique et de son âge. Ce sont les valeurs que vous trouverez dans le livret :

#### nE42. La ventilation tertiaire et professionnelle

La table ci-dessous indique les valeurs les plus significatives (en tertiaire, non fumeurs).

<b>Locaux</b>		m <sup>3</sup> /h par personne
<i>d'enseignement</i>	maternelles, primaire et secondaire 1er cycle (classes, salles d'étude, labos)	15
	secondaire 2ème cycle, universitaire	18
	ateliers	18
<i>d'hébergement</i>	chambres collectives, dortoir, cellules salles de repos	18
<i>bureaux et assimilés</i>	bureaux courants, locaux d'accueil, bibliothèques, bureaux de poste, banques	18
<i>de réunion</i>	salles de réunion, de spectacle, de culte, clubs, foyers	18
<i>de vente</i>	boutiques, super- et hypermarchés	22
<i>de restauration</i>	cafés, bars, restaurants, cantines, salles à manger	22
<i>à usage sportif</i>	piscines (par sportif)	22
	autres que piscines (par sportif)	25
	par spectateur (en plus)	18

## nE24.5. OLFS ET DÉCIPOLS

### GRANDEURS ET UNITÉS

La théorie correspondante a été développée par O. Fanger. Bien que cette théorie soit souvent présentée comme valable pour l'évaluation des odeurs elle s'avère être en forte contradiction avec nos connaissances en matière d'odorat. En fait la plupart des utilisateurs de la théorie l'ont appliquée à la *ventilation générale* (hors odeur spécifique). Dans ce cas la théorie repose schématiquement sur les démarches suivantes (associées en fait à un grand nombre de formules mathématiques).

1. On utilise d'abord, comme unité de pollution olfactive de l'air, l'**olf**. Cette unité correspond - en ventilation générale - à la charge créée par un adulte type assis, mais n'est pas réellement quantifiée dans la théorie.

2. On mesure par ailleurs le degré de pollution (ressentie) de l'air en **décipols**.

3. Il est alors possible de calculer, dans un local donné, la qualité de l'air en décipol en fonction :

- du débit d'air neuf,
- et de la charge en olf.

4. On utilise ensuite une courbe, présentée comme générale, traduisant le *pourcentage d'insatisfaits* de la ventilation en fonction du niveau en décipols, l'intérêt de cette procédure étant ainsi de permettre de quantifier la **qualité de l'air intérieur**.

### LES APPLICATIONS PRATIQUES

La méthode a permis - il y a un certain temps, de proposer une norme européenne de ventilation générale dont les recommandations se sont révélées si sévères que la norme a été rejetée. De ce fait la méthode que nous venons de décrire a surtout servi, jusqu'ici, à des études assez académiques. Aboutissant par exemple aux recommandations suivantes, assez difficilement exploitables (charge de 1 olf) :

- . qualité élevée de l'air intérieur : débit d'air neuf de 10 [l/s] = 36 [m<sup>3</sup>/h],
- . qualité «standard» de l'air intérieur : débit d'air neuf de 7 [l/s] = 25,2 [m<sup>3</sup>/h],
- . qualité minimale de l'air intérieur : débit d'air neuf de 4 [l/s] = 14,4 [m<sup>3</sup>/h].

A comparer avec la valeur de 18 [m<sup>3</sup>/h] pour les mêmes conditions dans la réglementation française actuelle.