

COMPARAISON DES SEUILS OLFRACTIFS DE SUBSTANCES CHIMIQUES AVEC DES INDICATEURS DE SÉCURITÉ UTILISÉS EN MILIEU PROFESSIONNEL

Annule et remplace la ND 1967-156-94 rédigée par X. Rousselín, E. Bosio et M. Falcy en 1994. Par rapport à ce document, les différentes valeurs ont été vérifiées et complétées et une trentaine de substances a été ajoutée. Les données générales ont, par contre, été peu modifiées.

Le seuil de détection olfactive (ou acuité olfactive) de 293 substances chimiques est comparé à des critères de danger et de toxicité : limite inférieure d'explosibilité, dose létale et dose toxique les plus basses déterminées chez l'homme et valeur limite d'exposition admise dans l'atmosphère des lieux de travail. A partir du calcul des "rapports de sécurité" entre l'acuité olfactive et les autres critères, il est établi une classification générale de ces substances, pour lesquelles la détection olfactive pourrait ou non être un élément de sécurité vis-à-vis d'une situation de risque aigu ou chronique.

Toutefois, l'analyse des résultats ne peut être faite qu'en considérant les variations individuelles naturelles ou acquises dans le domaine de l'olfaction, ainsi que les différents facteurs ambiants du milieu professionnel ou environnemental.

- Odorat
- Acuité olfactive
- Valeur seuil
- Sécurité du travail

► Michel FALCY

INRS, Département Études et assistance médicales

► Stéphane MALARD

Centre Antipoison de Paris

COMPARISON OF CHEMICAL OLFRACTORY DETECTION THRESHOLDS WITH DANGER AND TOXICITY CRITERIA USED IN AN OCCUPATIONAL ENVIRONMENT

Olfactory detection thresholds of 293 chemicals are compared with danger and toxicity criteria: explosiveness lower limit, lowest lethal and toxic inhalation doses determined in man, and allowable exposure limit in a workplace atmosphere. By calculating "safety ratios" between olfactory acuity and the other criteria, a general classification is drawn up for these chemicals, for which olfactory detection may or may not be a safety factor with regard to an acute or chronic risk situation.

However, results analysis can only be conducted if natural or acquired variations in the olfactory field are considered along with different factors prevailing in the occupational or surrounding environment.

- Smell
- Olfactory acuity
- Detection threshold
- Occupational safety

L'olfaction est souvent considérée comme un sens uniquement limité à la simple reconnaissance des odeurs du monde extérieur. Elle permet tout au plus une qualification des éléments en les séparant en agréables (parfums) ou nauséabonds. Cette dernière appréciation devient vite, pour beaucoup, synonyme de dangereux, alors que les premières odeurs sont souvent considérées comme sans risque.

Chez l'animal, l'olfaction interfère avec beaucoup de comportements fondamentaux et, en particulier, joue un rôle important dans la protection contre les agressions extérieures.

Chez l'homme, où les bulbes olfactifs sont considérablement réduits, le rôle des influx olfactifs est à dominance alimentaire. Néanmoins, ils interfèrent avec d'autres grandes fonctions comme la mémoire, l'émotion et le bien-être [8, 15].

Malgré cette réduction relative de l'information olfactive par rapport aux autres données sensorielles, l'homme ne pourrait-il pas, sur le modèle animal, se servir à nouveau de cette perception pour se protéger des agressions extérieures par les substances chimiques et, en particulier, en milieu professionnel ?

La réponse n'est pas si simple. Pour que la détection olfactive devienne un élément de protection ou de sécurité vis-à-vis des agressions extérieures par des substances chimiques, encore faut-il qu'il existe une marge de sécurité suffisante entre le seuil inférieur de détection olfactive et la limite inférieure à partir de laquelle sont susceptibles de survenir des accidents aigus ou des intoxications chroniques.

Il est intéressant de constater l'intérêt des scientifiques pour le problème de l'olfaction, puisqu'en 2004 le prix Nobel de médecine et de physiologie a été attri-

bué aux américains Linda Buck et Richard Axel pour leurs travaux sur les récepteurs aux odeurs et l'organisation du système olfactif.

MÉCANISMES PHYSIOLOGIQUES DE L'OLFACTION

Ne seront abordés ici que quelques éléments fondamentaux de la physiologie de l'olfaction, utiles à la compréhension des difficultés d'exploration de ce système sensoriel [6, 15, 19].

VOIES NEUROPHYSIOLOGIQUES ET GENÈSE DE L'INFLUX OLFACTIF

L'aire réceptrice occupe la partie postéro-dorsale de la muqueuse respiratoire des fosses nasales.

À ce niveau, la perception olfactive relève d'une action purement physique d'adsorption et non d'un mécanisme biochimique. Elle détermine l'apparition de potentiels négatifs appelés potentiels soutenus d'Ottoson ou électro-olfactogrammes, variables en forme et en amplitude selon le type de substance odorante et l'intensité de l'odeur. Ces potentiels parcourent des fibres amyéliniques de diamètre extrêmement faible qui parviennent au bulbe olfactif après avoir franchi la lame criblée de l'ethmoïde.

Les voies neurophysiologiques de l'olfaction ont des caractères un peu particuliers par rapport aux voies des autres organes sensoriels. Plusieurs cellules, qui portent les récepteurs des molécules odorantes, lorsqu'elles sont activées envoient un influx qui converge vers un glomérule. L'ensemble des glomérules est placé au niveau du bulbe olfactif, situé entre l'étage osseux antérieur de la base du crâne et la face antérieure du lobe frontal. L'information résultant d'un glomérule est ensuite relayée par une cellule mitrale qui transmet l'influx aux centres supérieurs. Ces influx parviennent ainsi aux centres olfactifs après avoir traversé le rhinencéphale spécifique homo- et controlatéral.

En ce qui concerne le mécanisme de reconnaissance des odeurs, certains auteurs insistent sur l'aspect statique de

la genèse de l'influx olfactif, c'est-à-dire sur le rôle fondamental de la structure moléculaire dans le caractère odorant d'une substance et, surtout, celui de la configuration stéréochimique de la molécule. En effet, deux corps chimiques de formules moléculaires proches peuvent avoir une odeur totalement différente. L'adsorption de l'odorant sur le récepteur serait sélective et fonction de la compatibilité stérique entre molécule et récepteur [2, 8, 15, 24, 32].

Les travaux récents ont montré qu'il existait environ un millier de gènes qui, chez le rat, codaient les récepteurs aux odeurs ; ce nombre est un peu moins élevé chez l'homme. Ces récepteurs, spécifiques de la reconnaissance d'un type de substances chimiques, sont des protéines trans-membranaires. Les neurones porteurs du même récepteur voient leurs informations converger vers la même région du bulbe olfactif. La signature olfactive d'un produit sera souvent une combinaison de plusieurs signaux issus de neurones porteurs de récepteurs différents ; l'intégration et la synthèse sont finalement réalisées au niveau du cerveau. L'intensité du message odorant est déterminée par le recrutement d'un nombre de plus en plus élevé de glomérules spécifiques puis éventuellement par la stimulation d'autres récepteurs de moindre affinité.

Cette théorie, renforcée par l'aspect dynamique de l'influx olfactif (l'amplitude et la forme du potentiel olfactif varient selon les différentes régions de la muqueuse olfactive, et ceci pour une même substance odorante) expliquerait en partie l'existence de variations individuelles dans la perception des odeurs, et l'apparition d'anosmies (abolitions de la fonction olfactive) et de cacosmies (perceptions d'une odeur désagréable) dans certaines affections touchant les muqueuses des voies aériennes supérieures.

Il faut enfin noter que l'un des lieux de projection du message olfactif est une petite structure de la base du cerveau (l'amygdale) qui est un centre des émotions (peur, joie, dégoût...). Cette connexion pourrait peut-être expliquer certaines réactions de l'organisme à certaines odeurs parfois même non consciemment perçues (syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques).

L'organe de l'olfaction repose donc sur des mécanismes physiologiques assez complexes, dont la compréhension

a fait d'énormes progrès dans les vingt dernières années.

Il est essentiel de rappeler que l'olfaction et la sensation d'irritation des muqueuses nasales empruntent des voies neurophysiologiques très différentes [1, 6, 15]. La sensation d'irritation nasale (picotements, brûlures...), information peu différenciée par rapport à l'olfaction, est transportée non pas par le nerf olfactif, mais par le nerf trijumeau. Elle serait habituellement déclenchée pour des concentrations atmosphériques de substances chimiques plus élevées que les seuils de détection olfactive [1]. Les seuils d'irritation nasale sont souvent pris en compte dans la détermination des valeurs limites d'exposition (VLE) et des valeurs limites de moyenne d'exposition (VME) [27] lorsqu'il n'y a pas d'autre effet toxique constaté [22].

ANALYSE DE L'INFORMATION OLFACTIVE

L'homme est capable d'analyser la perception odorante en fonction d'un certain nombre de paramètres [2, 6, 8, 9].

■ La sensibilité, ou acuité, est le seuil minimum de perception olfactive. Celui-ci est variable selon les individus, même en l'absence d'influences extérieures ou de facteurs pathologiques intercurrents. Mais c'est toutefois ce paramètre qui nous servira de base d'étude, car c'est la mesure la plus fiable dans ce domaine.

■ La qualité (distinction entre plusieurs odeurs : fruitée, acide, parfumée, de brûlé...) et l'acceptabilité de l'odeur (caractère agréable, désagréable, nauséabond...) sont des appréciations très subjectives. Ces paramètres occupent une place primordiale dans la vie courante. À ce titre, il est utile de rappeler que les caractères qualitatifs des odeurs sont les compléments indispensables du goût ; le goût proprement dit, transmis par les papilles gustatives, ne comporte que quatre sensations élémentaires (salé, sucré, acide, amer) et, en l'absence de perception olfactive, est insuffisant pour une discrimination fine de la qualité des aliments ingérés. Cependant, l'éventail des caractères qualitatifs des odeurs est tel qu'il est resté impossible de définir une liste d'odeurs fondamentales. C'est pourquoi il est difficile, dans le domaine industriel, de se fier uniquement à ces caractères.

■ L'intensité de l'odeur n'est pas une fonction linéaire de la concentration

atmosphérique du produit, mais évolue en suivant une fonction logarithmique de cette concentration. En pratique, pour doubler l'intensité odorante, il faut amener à la muqueuse olfactive une concentration dix fois plus forte, selon une formule générale $P = k \log S$, où P est l'intensité odorante, k une constante et S la concentration en odorant.

FACTEURS MODIFIANT LA PERCEPTION OLFACTIVE

La variabilité de la perception olfactive selon les individus a été évoquée précédemment. Il existe, en effet, de nombreux facteurs modifiant cette perception olfactive et pouvant représenter un certain risque si l'on veut se servir de l'olfaction comme élément de sécurité vis-à-vis de l'agression chimique.

FACTEURS PHYSIOLOGIQUES

■ Plusieurs auteurs ont mis en évidence l'importance de l'état de vigilance sur le seuil de détection olfactive. Celui-ci peut en effet varier dans des proportions importantes (d'un facteur de 1 à 100) pour un même produit, selon que le sujet est attentif, distrait ou somnolent.

■ L'accoutumance à une odeur élève pour beaucoup de substances le seuil de détection.

■ Les effets de masque ont la même conséquence et il s'agit là d'une situation très couramment rencontrée en milieu professionnel.

■ Les variations de température et de degré hygrométrique de l'air sont susceptibles de perturber l'intensité de l'odorat.

Il apparaît essentiel de garder en mémoire ces facteurs de variabilité de la réponse à une substance odorante chez l'homme. Ces constatations ont incité les auteurs à une certaine prudence quant à l'analyse des résultats de l'étude.

FACTEURS PATHOLOGIQUES

Les dysosmies acquises sont nombreuses et peuvent être divisées en deux groupes [6, 19, 26].

■ **Les altérations qualitatives de l'olfaction** : parosmie (modification de l'odeur de certaines substances), cacosmie (perception d'une odeur désagréa-

ble) et hallucination olfactive (perception sans substrat réel). Ces atteintes extrêmement gênantes sur le plan personnel n'ont que peu de répercussions en matière de sécurité et d'hygiène en milieu professionnel.

■ **Les altérations quantitatives de l'olfaction** : hyposmie (réduction de l'acuité olfactive), anosmie (abolition de la fonction olfactive), hyperosmie plus rarement (exaltation de l'odorat au moins à une ou quelques odeurs).

MÉCANISMES DES HYPOSMIES ET ANOSMIES

Les dysosmies de transmission sont dues :

■ soit à un obstacle mécanique (déviation haute de la cloison nasale, polypose nasale obstructive non allergique, fibrome naso-pharyngien...),

■ soit à une inflammation aiguë ou chronique de la muqueuse, avec rhinorrhée abondante ou au contraire sécheresse de la muqueuse.

Les dysosmies de réception mixte (obstacle à la transmission et à la réception) sont liées le plus souvent :

■ à une allergie naso-sinusienne avec polypose nasale ou oedème de la muqueuse, réversible rapidement sous corticothérapie,

■ à un coryza de la grippe en phase aiguë,

■ à une atrophie du neuro-épithélium.

Les dysosmies de perception peuvent être classées en trois types :

■ les dysosmies de réaction pures, avec comme cause principale l'anosmie post-grippale, mais pouvant être dues aussi à certaines intoxications volontaires (tabac, cocaïne, vasoconstricteurs locaux) ou involontaires (plomb, mercure, sels de chrome, de nickel et de cadmium, brome, chlore, goudrons, ciments...), à certains traitements médicamenteux (streptomycine, néomycine locale), au diabète et aux atrophies muqueuses de la syphilis ou de la tuberculose,

■ les dysosmies de conduction, avec atteinte des voies olfactives, dont les deux causes principales sont le méningiome et les traumatismes crâniens, mais pouvant également faire partie intégrante d'un tableau de polynévrite toxique ou métabolique,

■ les dysosmies centrales, avec atteinte des centres olfactifs, dont les principales causes sont l'épilepsie et certains troubles vasculaires et psychiatriques.

ÉTILOGIES PROFESSIONNELLES DES HYPOSMIES

Sans prendre en compte les phénomènes d'accoutumance et les effets de masque, on trouve mentionnées en exposition chronique [6, 19] les étiologies suivantes :

■ des étiologies toxiques : sulfure de carbone, anhydride carbonique, oxychlorure phosphoreux, anhydride sulfureux, certains sels de cadmium, de chrome et de nickel, solvants pétroliers tels que benzène, trichloroéthylène, vapeurs nitreuses... ;

■ des conséquences d'un empoussièrément important, de quelque nature que ce soit (ciment, charbon, bois, plâtre...), responsable de rhino-pharyngites catarrhales chroniques, hypertrophiques ou atrophiques ;

■ des étiologies allergiques responsables de rhinites et d'asthmes professionnels ;

■ des manifestations inflammatoires et irritatives des muqueuses des voies aériennes supérieures susceptibles d'être provoquées par les substances volatiles irritantes ou corrosives ;

■ des étiologies infectieuses (principalement virales) et traumatiques ;

■ des hyposmies professionnelles d'origine centrale pourraient, selon certains auteurs [6, 12, 18, 19, 26], entrer dans le cadre de pathologies telles que saturnisme, hydrargyrisme, intoxication par le trichloroéthylène. Une atteinte du nerf olfactif serait susceptible d'exister au cours du benzolisme [6, 26].

MÉCANISMES LÉSIONNELS DES ANOSMIES OU HYPOSMIES TOXIQUES

Plusieurs travaux expérimentaux ont permis de déterminer la nature et l'évolution des lésions observées lors d'agression de la muqueuse olfactive par des produits chimiques. Chez le rongeur, et vraisemblablement chez l'homme, après une exposition à une concentration suffisante de toxique le neuroépithélium olfactif est détruit. Dans les 24 heures qui suivent cette altération apparaît une prolifération cellulaire qui devient marquée à la fin de la première semaine et dure pendant environ un mois. La repousse neuronale débute dès le troisième jour et le nombre de cellules basales observées est identique à celui des animaux témoins entre 4 et 6 semaines après l'agression toxique. Après réapparition des cellules de soutien, la muqueuse

retrouve un aspect normal au bout de 8 semaines environ. La récupération peut n'être que partielle et quelques zones de l'épithélium olfactif sont remplacées par un épithélium respiratoire [20].

MESURE DES ODEURS OU OLFACOMÉTRIE

À côté des méthodes expérimentales effectuées sur les animaux ou les insectes en laboratoire (mesure des perceptions globales ou mesure des réactions comportementales, mesure des influx nerveux en provenance de la muqueuse olfactive en implantant des électrodes in vivo), l'exploration de l'organe de l'olfaction chez l'homme est basée sur la rhinomanométrie et sur l'olfactométrie individuelle, qui est la mesure instrumentale de la sensibilité olfactive à l'aide d'un stimulus chimique ou électrique (électro-olfactométrie), utilisée principalement dans le cadre d'un diagnostic individuel et étiologique de dysosmie.

La mesure du seuil de détection olfactive et des variations d'intensité de l'odeur fait appel à des techniques de méthodologie différente. Il s'agit de méthodes subjectives utilisant l'organe olfactif de l'homme, sa réponse et des appareils supplémentaires permettant de faire des déterminations quantitatives.

Dans la mesure où la capacité de détection et d'évaluation de l'intensité d'une odeur est différente d'un individu à l'autre, l'olfactométrie de type industriel utilise un jury d'experts, comprenant un nombre variable d'individus selon les études. Ces personnes sont préalablement choisies comme n'étant ni trop ni pas assez sensibles à différentes substances odorantes de référence et devant être exemptes de toute pathologie intercurrente. D'autres critères de choix et de sélection sont nécessaires [2, 9, 11, 24, 25, 30].

Le principe de base est de faire inhaler des dilutions variables d'une concentration connue de produits purs pour aboutir à des moyennes statistiques de seuils de détection. Le seuil de détection olfactive d'un composé odorant donné correspond à la valeur d'une concentration déterminée pour laquelle 50 % des

individus composant le jury d'experts perçoivent l'odeur de ce corps [2].

Cette mesure est essentiellement effectuée en laboratoire dans des conditions matérielles optimales. Elle peut être adaptée différemment sur le terrain, non plus dans le but de déterminer uniquement des seuils de détection olfactive pour des substances précises, mais plutôt en vue d'évaluer les nuisances dues à la pollution industrielle.

Les appareils utilisés sont nombreux. Certains ont une valeur historique. Leur principe consiste à confiner la substance odorante dans un récipient, à faire passer un courant d'air et à diriger le gaz obtenu vers un observateur (expert) qui détecte le moment où il commence à percevoir l'odeur. Ces méthodes subjectives utilisées par différents chercheurs pour déterminer les seuils de détection olfactive ont l'inconvénient de ne pas toujours aboutir à des valeurs bien définies et d'offrir des résultats parfois disparates, avec des variations de 1 à 100 et plus pour un même produit. En effet, la détection olfactive, rappelons-le, dépend de nombreux facteurs (en-dehors des facteurs pathologiques responsables d'hyposmies et d'anosmies acquises) : pureté de l'échantillon, concentration ou dilution, conditions de dispersion des vapeurs odorantes dans l'air (procédé de diffusion, degré hygrométrique de l'atmosphère...), méthodes utilisées (statiques, dynamiques, concentrations progressivement croissantes ou dans un ordre non établi), sensibilités individuelles, sélection des jurys d'experts...

Actuellement, des méthodes et des appareillages plus sophistiqués sont utilisés. Leur principe de base est peu différent des précédents, mais les techniques employées font qu'ils ont l'avantage d'augmenter la fiabilité et la répétitivité des réponses. Les valeurs de seuils de détection olfactive sont mesurées par dilution d'une substance donnée soit dans l'air, soit dans l'eau.

La dilution des odorants dans l'air peut être acquise :

■ soit de manière dynamique, par addition d'un flux calibré de vapeurs odorantes à un courant d'air mesuré,
■ soit de manière statique, par dispersion d'une quantité connue d'odorant dans un récipient ou dans une chambre.

Dans le procédé de dilution dans l'eau, l'odorant est préparé en une série

de dilutions aqueuses dans des récipients clos, partiellement remplis, à partir desquels les vapeurs sont directement respirées. Ces méthodes et mesures, non détaillées dans cette étude, ont fait l'objet de nombreuses publications [2, 4, 9, 14, 18, 19, 24, 25, 30].

PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

CHOIX DES SEUILS DE DÉTECTION OLFACTIVE

Nous avons sélectionné parmi les données de la littérature les substances pour lesquelles un seuil de détection olfactive (ou acuité olfactive) a été déterminé.

Pour les raisons évoquées plus haut, nous n'avons pas retenu toutes les valeurs proposées, surtout parmi celles s'écartant trop les unes des autres. Nous n'avons repris que les valeurs moyennes des seuils de détection olfactive lorsqu'il existait plusieurs valeurs proches pour une même substance, déterminées par des méthodes similaires à celles utilisées actuellement et préconisant le principe de dilution dans l'air ou dans l'eau.

C'est ainsi qu'il a été possible de retrouver plusieurs listes de seuils de détection olfactive relativement cohérentes [1, 2, 3, 7, 10, 11, 14, 18, 19], parmi lesquelles la remarquable synthèse bibliographique de Amooore et Hautala [1]. Récemment, Wibowo et Coll. ont publié une série d'indices d'avertissement, pour les risques aigus, basés sur la comparaison des valeurs limites d'intervention ou des valeurs limites d'exposition de brève durée (15 minutes) avec les seuils de détection olfactive [29].

Dans certains cas, il n'est pas facile de savoir la méthodologie exacte de la détermination du seuil olfactif. Ceci peut entraîner la publication de valeurs très différentes. Dans ces conditions c'est la valeur la plus basse retrouvée qui est retenue. Ce fait est pris en compte dans les critères d'exigence pour les rapports de sécurité indiqués ci-dessous. Les fortes différences parfois observées sont peut-être liées à des différences interindividuelles, mais elles peuvent également s'expliquer par le fait que la

pureté de la substance testée est rarement indiquée. La littérature mentionne un seuil olfactif pour le monoxyde de carbone, produit réputé inodore, est-ce lié à la présence d'impuretés ?

AUTRES CRITÈRES SÉLECTIONNÉS

Pour chacune des substances, ont été recherchés les éléments de comparaison suivants :

- la volatilité à 25° C,
- la limite inférieure d'explosibilité (LIE),
- la dose létale par inhalation la plus basse déterminée chez l'homme (LCLo),
- la dose toxique par inhalation la plus basse déterminée chez l'homme (TCLo),
- la valeur limite d'exposition dans l'atmosphère des lieux de travail (VL).

La volatilité est calculée à partir de la pression de vapeur à 25° C en utilisant un facteur de conversion de 1 316 (1 000 000 ppm à 760 mmHg), les pressions de vapeur disponibles pour d'autres températures ne permettent pas de calculer la volatilité de façon simple. L'intérêt de la volatilité résulte du fait qu'elle est une condition essentielle de la stimulation des centres olfactifs [8]. Dans la mesure où la concentration en phase gazeuse est la principale variable, la stimulation est en rapport direct avec la volatilité. C'est ainsi que certaines substances, pourtant potentiellement odorigènes, ne sont pas perceptibles à l'odorat en raison de leur volatilité insuffisante dans les conditions normales. Par contre, d'autres corps chimiques, réputés très odorants, n'ont parfois qu'un pouvoir odorigène faible, avec un seuil de détection olfactive relativement élevé, mais compensé par une volatilité très forte qui disperse un grand nombre de molécules actives.

Les valeurs des trois critères suivants - LIE, LCLo et TCLo - ont été relevées, comme pour la volatilité, parmi des ouvrages de référence et les données du Registry of Toxic Effects of Chemical Substances disponibles sur support informatique [21, 23]. Ces valeurs constituent ainsi des éléments de comparaison en ce qui concerne les risques chimiques et toxicologiques aigus.

La valeur limite d'exposition a été choisie comme critère de comparaison pour le risque toxicologique chronique. La valeur retenue est la plus basse des valeurs publiées par la France, les États-

Unis d'Amérique ou l'Allemagne [27, 28]. Les valeurs indicatives récemment publiées en France ont naturellement été prises en compte [31]. On peut noter que, dans 38 cas, c'est la valeur allemande qui est retenue.

Afin d'établir des comparaisons plus faciles, toutes les valeurs obtenues ont été converties en ppm (parties par million).

Toutes les informations obtenues lors des deux premiers articles publiés ont été vérifiées, mises à jour et complétées. L'accès à des bases de données informatisées permet de retrouver de nombreuses indications non disponibles auparavant (Toxline, HSDB, RTECS, ACGIH).

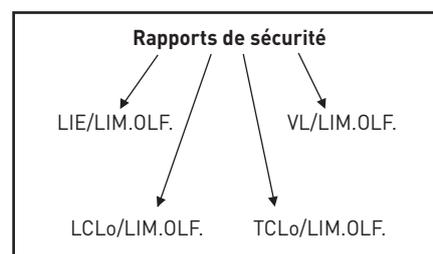
DÉTERMINATION DES "RAPPORTS DE SÉCURITÉ"

À partir des données recueillies ont été établis des rapports que nous appellerons "rapports de sécurité" entre les différents critères de toxicité aiguë ou chronique choisis (LIE, LCLo, TCLo et VL) et le seuil de détection olfactive.

Nous avons ensuite effectué un tri pour distinguer plusieurs grandes classes de rapports séparées par un facteur 10 afin de respecter l'échelle logarithmique des normes physiologiques établies aussi bien pour l'étude de l'olfaction que pour celle d'autres fonctions sensorielles (*Figure*).

FIGURE

Etablissement des "rapports de sécurité"
Establishing "safety ratios"



RÉSULTATS

Au total, plus de 500 substances ayant au moins un seuil de détection olfactif ont pu être recensées. Sur ce

nombre, 293 substances sont retenues en fonction de leur intérêt ou de leur utilisation dans l'industrie et de la possibilité de disposer d'au moins l'un des autres critères mentionnés ci-dessus. Parmi ces substances :

- 272 possèdent une valeur limite d'exposition professionnelle française (VLE et/ou VME) ou américaine (TLV : Threshold Limit Value),
- 196 font l'objet d'une détermination de LIE,
- 48 seulement d'une détermination de LCLo,
- et 176 d'une détermination de TCLo.

Enfin, il faut remarquer que, pour 124 substances, on dispose de données à la fois sur la limite d'explosivité, les limites traduisant un risque aigu (LCLo et/ou TCLo) et sur celles traduisant un risque chronique (TLV).

L'ensemble des résultats est exposé dans le *Tableau VI*, complété en dernière colonne d'une classification, qui repose sur les bases suivantes :

- les lettres correspondant à l'existence d'un rapport entre le critère étudié et le seuil de détection olfactive (limite olfactive) :
- A correspondant au rapport LIE/limite olfactive,
- B correspondant au rapport LCLo/limite olfactive,
- C correspondant au rapport TCLo/limite olfactive,
- D correspondant au rapport VL/limite olfactive ;
- chaque lettre est assortie d'un chiffre allant de 1 à 6 :
- 1 correspondant à un rapport $\geq 10\ 000$,
- 2 correspondant à un rapport $\geq 1\ 000$ et $< 10\ 000$,
- 3 correspondant à un rapport ≥ 100 et $< 1\ 000$,
- 4 correspondant à un rapport ≥ 10 et < 100 ,
- 5 correspondant à un rapport ≥ 1 et < 10 ,
- 6 correspondant à un rapport < 1 .

DISCUSSION

■ Risque d'explosion (*Tableau I*) : dans ce cas, la détection olfactive se situe à un seuil très bas par rapport au seuil inférieur de risque pour la majeure partie des substances. Des 196 substances

étudiées dans ce cadre, 165 sont classées dans les catégories A1 ou A2. Pour celles-ci, la détection olfactive permet donc une détection du risque bien avant que l'on atteigne des concentrations explosives. Il faut toutefois prendre garde, car le plus souvent la dose toxique et la dose létale sont très inférieures à la limite d'explosibilité (jusqu'à un facteur 100 à 1 000) et le risque d'intoxication aiguë domine alors le risque d'explosion, d'où l'intérêt de prendre en considération l'ensemble des critères étudiés et des connaissances toxicologiques pour chacune des substances.

Pour les substances classées A3, la sécurité devient plus relative en raison des variations individuelles dans la détection olfactive ; on peut considérer que moins de 50 % des personnes pourront détecter l'odeur avant le risque d'explosion. Là encore, pour ces substances, il faut comparer avec les autres critères de danger.

Par contre, la détection olfactive n'est plus du tout un élément de sécurité vis-à-vis de l'explosion pour les substances entrant dans les catégories A4-A5-A6, aussi bien sur le plan individuel que collectif. Par exemple, le butane, le propane et l'éthane risquent d'exploser bien avant que l'homme n'ait détecté leur présence par l'odorat, d'où l'intérêt d'ajouter dans ces gaz un odorant très rapidement reconnaissable.

■ **Risque d'effet mortel (Tableau II) :** la détection olfactive pourrait représenter un bon élément de sécurité pour seulement une vingtaine de substances (groupes B1 et B2). Il faut reconnaître que la LCLo n'est connue que pour très peu de substances et que sa détermination n'est pas nécessairement précise, il est donc nécessaire de comparer ce paramètre avec d'autres éléments. A titre d'exemple, le sulfure d'hydrogène et le disulfure de carbone sont classés B1 ; donc, en théorie, la détection olfactive devrait permettre la fuite ou la protection immédiate avant l'apparition d'une intoxication mortelle, mais la brutalité d'apparition de symptômes de gravité pour des concentrations atmosphériques bien inférieures à la LCLo remet en question l'efficacité du nez de l'homme comme appareil de sécurité. De plus, un sujet peut être ainsi exposé à des doses élevées, non mortelles, mais qui créeront des lésions sérieuses, voire des séquelles (brome et œdème aigu du poumon).

Pour les substances classées B3, la détection olfactive ne devient plus qu'un

élément de sécurité de groupe, et non individuel, à l'égard du risque létal, si toutefois on peut parler de sécurité individuelle quant à l'odorat, dans la mesure où il existe toujours un risque de se trouver en présence d'une hyposmie ou d'une anosmie pour un individu donné, sans oublier les autres facteurs tels que l'accoutumance ou les effets de masque.

Par ailleurs, on peut considérer que le risque d'intoxication aiguë n'est plus contrôlé par l'olfaction pour les substances ayant un rapport LCLo/limite olfactive inférieur à 100 (classes B4-B5-B6).

Il ne faut pas oublier également que, si la détection olfactive permet de se protéger du risque létal immédiat pour certaines substances, elle ne doit pas faire sous-estimer les risques toxiques à court ou moyen terme avec parfois des conséquences graves pour l'organisme humain. C'est ainsi que l'on retrouve, à titre d'exemple, le brome et le chlore dans les groupes B1 et B2 ; ces substances sont susceptibles d'entraîner, pour des concentrations atmosphériques faibles, des atteintes caustiques des voies aériennes ne se manifestant souvent qu'après un délai de latence de plusieurs heures suivant la détection olfactive.

■ **Effet toxique aigu non mortel (Tableau III) :** la comparaison entre concentration toxique la plus basse par inhalation chez l'homme et seuil de détection olfactive semble un élément intéressant et moins sujet à discussion. La détection par l'odorat devient un bon élément de sécurité pour les substances classées C1 (11 substances) vis-à-vis du risque d'intoxication aiguë ; naturellement, il faut garder en tête pour ces quelques produits la possibilité d'un risque chronique. C'est probablement aussi un élément de sécurité de groupe pour les substances entrant dans les catégories C2, C3 et C4. Par contre, la sécurité par l'olfaction devient illusoire, voire nulle, pour celles classées C5 et C6. On retrouve d'ailleurs dans ces catégories un certain nombre de corps chimiques dont on connaît particulièrement l'importance du risque toxique : pour ne citer que quelques exemples, l'acide cyanhydrique, le monoxyde de carbone et les isocyanates organiques. Pour de telles substances, il semble hors de question de se servir uniquement de l'odorat comme facteur de sécurité et là, autant ou plus qu'ailleurs, la prévention technique des risques toxiques est essentielle.

■ **Effet chronique (Tableau IV) :** on ne trouve que 17 substances pour lesquelles l'odorat représente véritablement un élément de sécurité en ce qui concerne les risques de toxicité chronique (D1 ou D2). Mais, il faut prendre en considération les phénomènes d'accoutumance et les effets de masque qui sont susceptibles de perturber cette sécurité olfactive.

■ **Sécurité globale :** on peut ainsi envisager les substances pour lesquelles la détection olfactive devrait assurer une bonne sécurité pour le risque aigu comprenant à la fois l'explosion (classement A1 ou A2) et la toxicité aiguë (classement C1 ou C2) et celles pour lesquelles une sécurité chronique pourrait être envisagée (classement D1 ou D2). On trouve 28 substances dans le premier groupe et 17 dans le deuxième (Tableau V). Six substances seulement présentent une certaine sécurité pour les deux types de risque. Il faut cependant remarquer que, pour de nombreuses substances, les données disponibles ne permettent pas une classification complète.

Enfin, il faut noter que par rapport à notre précédent document trois substances sont toujours classées comme présentant une sécurité globale (Acétate de 1-méthylbutyle, acrylate d'éthyle et 3-méthylbutane-1-ol). Trois autres apparaissent dans le classement car des données relatives à leur toxicité aiguë ont pu être retrouvées (acétate d'isopentyle, méthylamine et oxyde de diisopropyle). Si quatre substances ne figurent plus dans cette liste c'est à cause d'une réduction de leur valeur limite d'exposition professionnelle (acétaldéhyde, acétate de pentyle, acrylate de méthyle et méthacrylate de méthyle).

CONCLUSION

Les auteurs ont tenté d'établir par le calcul une classification générale et globale de substances pour lesquelles la détection olfactive pourrait ou non être un élément de sécurité vis-à-vis d'une situation de risque aigu ou d'intoxication chronique. Devant les controverses concernant l'intérêt de l'odorat en milieu professionnel [13, 17], cette classification et cette analyse paraissent nécessaires.

Mais chaque situation professionnelle ou environnementale diffère d'une autre. Ainsi, si l'on veut essayer

de se servir de l'olfaction humaine comme appareil de détection ou d'alarme, il faut non seulement considérer les variations individuelles naturelles ou acquises dans ce domaine, mais aussi reconsidérer les facteurs ambiants du milieu de travail et reprendre peut-être, substance par substance et en fonction du but recherché, l'étude com-

parative des seuils de détection olfactive avec les risques envisagés pour mieux en apprécier les avantages et les inconvénients.

La progression des connaissances en toxicologie entraîne une meilleure connaissance des effets et des doses responsables de ces effets. Ceci peut conduire à des modifications des valeurs

indiquées, en particulier en matière de risque chronique.

Reçu le : 22/11/2004

Accepté le : 24/11/2004

TABLEAU I

Classement et interprétation des rapports LIE (limite inférieure d'explosivité) / limite olfactive
Classification and interpretation of LIE (explosiveness lower limit) / olfactive limit ratios

Classe	Rapport (R)	Interprétation
A1	$R \geq 10\,000$	Bonne sécurité théorique, mais risque de s'y fier pour beaucoup de substances ayant une LCL ₀ ou TCL ₀ inférieure à la limite d'explosivité.
A2	$10\,000 > R \geq 1\,000$	Bonne sécurité. Ne pas négliger le risque d'intoxication aiguë.
A3	$1\,000 > R \geq 100$	Sécurité relative en raison des variations individuelles (moins de 50 % des personnes pourront détecter l'odeur).
A4	$100 > R \geq 10$	Sécurité non assurée par l'odorat.
A5	$10 > R \geq 1$	Sécurité non assurée par l'odorat.
A6	$R < 1$	Sécurité non assurée par l'odorat.

TABLEAU II

Classement et interprétation des rapports LCL₀ (dose létale la plus basse par inhalation chez l'homme) / limite olfactive
Classification and interpretation of LCL₀ (lowest lethal inhalation dose in man) / olfactive limit ratios

Classe	Rapport (R)	Interprétation
B1	$R \geq 10\,000$	La perception olfactive survient bien avant le risque létal, mais certaines substances ont un seuil toxique beaucoup plus bas entraînant une symptomatologie ne permettant plus la fuite ou la protection.
B2	$10\,000 > R \geq 1\,000$	Bonne sécurité pour le risque létal, mais à comparer avec le seuil toxique.
B3	$1\,000 > R \geq 100$	Sécurité assurée pour moins de 50% des individus.
B4	$100 > R \geq 10$	Risque aigu non contrôlé par l'odorat.
B5	$10 > R \geq 1$	Risque aigu non contrôlé par l'odorat.
B6	$R < 1$	Risque aigu non contrôlé par l'odorat.

TABLEAU III

Classement et interprétation des rapports TCL₀ (dose toxique la plus basse par inhalation chez l'homme) / limite olfactive
Classification and interpretation of TCL₀ (lowest toxic inhalation dose in man) / olfactive limit ratios

Classe	Rapport (R)	Interprétation
C1	$R \geq 10\,000$	Très bonne sécurité assurée par l'odorat vis-à-vis des premiers signes d'intoxication.
C2	$10\,000 > R \geq 1\,000$	Sécurité assurée par l'olfaction pour plus de 50% des individus.
C3	$1\,000 > R \geq 100$	Sécurité assurée pour environ 50% des individus (sécurité de groupe).
C4	$100 > R \geq 10$	Sécurité sûrement insuffisante sur le plan individuel (sécurité de groupe ?).
C5	$10 > R \geq 1$	Sécurité illusoire.
C6	$R < 1$	Aucune sécurité par l'odorat.

TABLEAU IV

Classement et interprétation des rapports VL (valeur limite d'exposition en atmosphère de travail) / limite olfactive
Classification and interpretation of VL (exposure limit in workplace atmosphere) / olfactive limit ratios

Classe	Rapport (R)	Interprétation
D1	$R \geq 10\,000$	Bonne sécurité assurée par l'odorat. Mais risques d'accoutumance. Toutefois, élévation d'intensité odorante détectable à ce niveau.
D2	$10\,000 > R \geq 1\,000$	Bonne sécurité pour plus de 50% des individus, mais risques d'accoutumance.
D3	$1\,000 > R \geq 100$	Sécurité relative assurée pour moins de 50% des individus (sécurité de groupe).
D4	$100 > R \geq 10$	Sécurité non fiable sur le plan individuel.
D5	$10 > R \geq 1$	Sécurité aléatoire.
D6	$R < 1$	Sécurité non assurée par l'odorat.

TABLEAU V

Sécurité assurée par la détection olfactive vis-a-vis des risques aigus (explosion et toxicité) et chronique (exposition professionnelle)

Safety ensured by olfactive detection with regard to acute (explosion and toxicity) and chronic (occupational exposure) risks

	Aigu	Chronique
ACETALDEHYDE	Oui	Non
ACETATE D'ISOBUTYLE	Oui	Non
ACETATE D'ISOPENTYLE	Oui	Oui
ACETATE DE 1-METHYLBUTYLE	Oui	Oui
ACETATE DE METHYLE	Oui	Non
ACETATE DE PENTYLE	Oui	Non
ACETOPHENONE	Non	Oui
ACRYLATE D'ETHYLE	Oui	Oui
ACRYLATE DE METHYLE	Oui	Non
BROMOETHANE	Oui	Non
1,3-BUTADIENE	Oui	Non
1-BUTANETHIOL	Non	Oui
2-BUTOXYETHANOL	Oui	Non
CHLOROETHANE	Oui	Non
CRESOL	Non	Oui
CUMENE	Oui	Non
CYCLOHEXENE	Non	Oui
p-CYMENE	Non	Oui
1,3-DICHLOROPROPENE	Oui	Non
DICYCLOPENTADIENE	Oui	Non
DISULFURE DE CARBONE	Oui	Non
DISULFURE DE DIMETHYLE	Non	Oui
2-ETHOXYETHANOL	Oui	Non
FORMIATE DE BUTYLE	Oui	Non
2-HEXANONE	Oui	Non
METHACRYLATE DE METHYLE	Oui	Non
METHYLAMINE	Oui	Oui
3-METHYLBUTANE-1-OL	Oui	Oui
5-METHYLHEXANE-2-ONE	Non	Oui
OXYDE DE DIBUTYLE	Oui	Non
OXYDE DE DIISOPROPYLE	Oui	Oui
PHOSPHITE DE TRIMETHYLE	Non	Oui
STYRENE	Oui	Non
SULFURE DE METHYLE	Non	Oui
TETRAHYDROFURANNE	Oui	Non
TRIMETHYLAMINE	Non	Oui
VALERALDEHYDE	Non	Oui
m-XYLENE	Oui	Non
XYLENES	Oui	Non

(en caractère gras figurent les substances "sûres" pour les risques aigu et chronique)

TABLEAU VI

Comparaison entre les seuils de détection olfactive et les critères de risque (aigu ou chronique)
Comparison of olfactive detection thresholds and risk (acute or chronic) criteria

	N° CAS	Limite olfactive (ppm)	Volatilité à 25° C (ppm)	LIE (ppm)	LCLo (ppm)	TCLo (ppm)	VL (ppm)	Classification
ACETALDEHYDE	75-07-0	0,05	GAZ	40 000	-	50	25	A1, -, C2, D3
ACETATE DE n-BUTYLE	123-86-4	0,39	16 000	14 000	-	200	150	A1, -, C3, D3
ACETATE DE 1,3-DIMETHYLBUTYLE	108-84-9	0,22	5 000	9 000	-	100	50	A1, -, C3, D3
ACETATE DE 2-ETHOXYETHYLE	111-15-9	0,056	2 700	17 000	-	-	5	A1, -, -, D4
ACETATE D'ETHYLE	141-78-6	1	120 000	20 000	-	400	150	A1, -, C3, D3
ACETATE D'ISOBUTYLE	110-19-0	0,64	26 000	13 000	-	950	150	A1, -, C2, D3
ACETATE D'ISOPENTYLE	123-92-2	0,025	7 100	10 000	-	200	50	A1, -, C2, D2
ACETATE D'ISOPROPYLE	108-21-4	2,7	79 000	17 000	-	200	250	A2, -, C4, D4
ACETATE DE 2-METHOXYETHYLE	110-49-6	0,64	3 100	15 000	-	208	5	A1, -, C3, D5
ACETATE DE 1-METHYLBUTYLE	626-38-0	0,002	9 200	11 000	-	200	50	A1, -, C1, D1
ACETATE DE METHYLE	79-20-9	4,6	270 000	31 000	-	4 950	200	A2, -, C2, D4
ACETATE DE PENTYLE	628-63-7	0,054	5 200	11 000	-	200	50	A1, -, C2, D3
ACETATE DE PROPYLE	109-60-4	0,67	43 000	19 000	-	200	100	A1, -, C3, D3
ACETATE DE VINYLE	108-05-4	0,5	140 000	26 000	-	20	5	A1, -, C4, D4
ACETONE	67-64-1	13	290 000	21 500	-	500	500	A2, -, C4, D4
ACETONITRILE	75-05-8	40	120 000	44 000	-	-	-	A2, -, -, -
ACETOPHENONE	98-86-2	0,004	520	11 000	-	-	10	A1, -, -, D2
ACETYLENE	74-86-2	620	GAZ	25 000	500 000	100 000	2 500	A4, B3, C3, D5
ACIDE ACETIQUE	64-19-7	0,48	20 000	54 000	-	10	10	A1, -, C4, D4
ACIDE ACRYLIQUE	79-10-7	0,094	5 800	29 000	-	-	2	A1, -, -, D4
ACIDE BUTYRIQUE	107-92-6	0,001	-	2 000	-	-	-	A1, -, -, -
ACIDE FORMIQUE	64-18-6	49	57 000	100 000	-	-	5	A2, -, -, D6
ACIDE PROPIONIQUE	79-09-4	0,16	5 400	-	-	-	10	-, -, -, D4
ACIDE SULFURIQUE	7 664-93-9	0,25	0,079	-	-	0,25	0,25	-, -, C5, D5
ACIDE TRICHLOROACETIQUE	76-03-9	0,29	1 316	-	-	-	1	-, -, -, D5
ACRYLALDEHYDE	107-02-8	0,16	360 000	28 000	5,5	0,14	0,02	A1, B4, C6, D6
ACRYLATE DE n-BUTYLE	141-32-2	0,035	7 100	-	-	-	2	-, -, -, D4
ACRYLATE D'ETHYLE	140-88-5	0,00024	50 000	18 000	-	25	5	A1, -, C1, D1
ACRYLATE DE METHYLE	96-33-3	0,0048	110 000	28 000	-	75	2	A1, -, C1, D3
ACRYLONITRILE	107-13-1	17	140 000	30 000	465	16	2	A2, B4, C6, D6
ALCOOL ALLYLIQUE	107-18-6	0,78	33 000	25 000	1 000	25	0,2	A1, B2, C4, D6
ALCOOL FURFURYLIQUE	98-00-0	8	810	18 000	-	-	5	A2, -, -, D6
ALLYLAMINE	107-11-9	3,71	-	22 000	-	2,5	2	A2, -, C6, D6
2-AMINOETHANOL	141-43-5	2,6	780	55 000	-	-	3	A1, -, -, D5
AMMONIAC	7 664-41-7	0,5	GAZ	160 000	2 140	20	10	A1, B2, C4, D4
ANHYDRIDE ACETIQUE	108-24-7	0,13	6700	27 000	-	5	5	A1, -, C4, D4
ANHYDRIDE MALEIQUE	108-31-6	0,32	170	14 000	-	1,5	0,1	A1, -, C5, D6
ANHYDRIDE PHTALIQUE	85-44-9	0,053	0,67	17 000	-	4	0,16	A1, -, C4, D5
ANILINE	62-53-3	0,5	630	13 000	-	100	0,25	A1, -, C3, D6
ARSINE	7 784-42-1	0,5	GAZ	-	25	3	0,05	-, B4, C5, D6
AZIRIDINE	151-56-4	1,5	260 000	36 000	-	100	0,5	A1, -, C4, D6
BENZENE	71-43-2	4,68	120 000	12 000	20 000	100	0,5	A2, B2, C4, D6
BENZENETHIOL	108-98-5	0,00094	2 000	-	-	-	0,5	-, -, -, D3
p-BENZOQUINONE	106-51-4	0,084	130	-	-	0,5	0,1	-, -, C5, D5
BIPHENYLE	92-52-4	0,00083	11	6 000	-	0,6	0,2	A1, -, C3, D3
BROME	7 726-95-6	0,051	270 000	-	1 000	1	0,1	-, B1, C4, D5
BROMOCHLOROMETHANE	74-97-5	400	190 000	-	-	-	200	-, -, -, D6

TABLEAU VI

Comparaison entre les seuils de détection olfactive et les critères de risque (aigu ou chronique)
 Comparison of olfactive detection thresholds and risk (acute or chronic) criteria

	N° CAS	Limite olfactive (ppm)	Volatilité à 25° C (ppm)	LIE (ppm)	LCLo (ppm)	TCLo (ppm)	VL (ppm)	Classification
BROMOETHANE	74-96-4	3,1	610 000	67 500	-	6 500	5	A1, -, C2, D5
BROMOFORME	75-25-2	1,3	8 000	-	-	-	0,5	-, -, -, D6
BROMURE D'HYDROGENE	10 035-10-6	2	GAZ	-	-	3	3	-, -, C5, D5
1,3-BUTADIENE	106-99-0	1	GAZ	20 000	-	2 000	2	A1, -, C2, D5
BUTANE	106-97-8	2 700	GAZ	19 000	-	10 000	800	A5, -, C5, D6
1-BUTANOL	71-36-3	0,17	9 200	14 000	-	25	20	A1, -, C3, D3
2-BUTANOL	78-92-2	2,5	23 000	17 000	-	-	100	A2, -, -, D4
1-BUTANETHIOL	109-79-5	0,0001	49 000	-	-	50	0,5	-, -, C1, D2
BUTANONE	78-93-3	5,4	130 000	18 000	-	100	200	A2, -, C4, D4
1-BUTENE	25 167-67-3	1,95	4 579 680	12 000	-	2	-	A2, -, C5, -
2-BUTENE	107-01-7	5,13	2 095 072	18 000	-	-	-	A2, -, -, -
cis-2-BUTENE	590-18-1	0,219	1 855 560	17 000	-	-	-	A1, -, -, -
2-BUTOXYETHANOL	111-76-2	0,1	1 300	11 000	-	100	2	A1, -, C2, D4
BUTYLAMINE	109-73-9	0,12	93 000	17 000	-	5	5	A1, -, C4, D4
4-tert-BUTYLTOLUENE	98-51-1	5	850	-	-	10	1	-, -, C5, D6
2-BUTYNE	503-17-3	5,49	-	14 000	-	-	-	A2, -, -, -
CAMPHRE	76-22-2	0,018	450	6 000	-	-	2	A1, -, -, D3
CAPROLACTAM	105-60-2	0,065	2,5	-	-	10	2,2	-, -, C3, D4
CHLORE	7 782-50-5	0,2	GAZ	-	430	1	0,5	-, B2, C5, D5
2-CHLOROACETOPHENONE	532-27-4	0,035	9,9	-	25	0,3	0,05	-, B3, C5, D5
CHLOROBENZENE	108-90-7	0,68	15 000	13 000	-	200	10	A1, -, C3, D4
2-CHLORO-1,3-BUTADIENE	126-99-8	0,1	290 000	40 000	-	-	5	A1, -, -, D4
1-CHLOROBUTANE	109-69-3	7,58	-	19 000	-	-	-	A2, -, -, -
1-CHLORO-2,3-EPOXYPROPANE	106-89-8	0,93	21000	38 000	-	20	0,5	A1, -, C4, D6
CHLOROETHANE	75-00-3	4,2	GAZ	36 000	-	13 000	100	A2, -, C2, D4
2-CHLOROETHANOL	107-07-3	0,4	-	49 000	300	-	1	A1, B3, -, D5
CHLOROETHYLENE	75-01-4	3 000	GAZ	36 000	-	-	1	A4, -, -, D6
CHLOROFORME	67-66-3	2,4	250 000	-	25 000	200	1	-, B1, C4, D6
CHLOROMETHANE	74-87-3	10	GAZ	81 000	20 000	-	50	A2, B2, -, D5
4-CHLOROPHENOL	106-48-9	0,00047	1 316	-	-	1910	0,1	-, -, C1, D3
3-CHLOROPROPENE	107-05-1	0,47	480 000	29 000	3 000	25	1	A1, B2, C4, D5
2-CHLOROTOLUENE	95-49-8	0,32	4 700	-	-	-	50	-, -, -, D3
alpha-CHLOROTOLUENE	100-44-7	0,044	1 600	11 000	-	1	1	A1, -, C4, D4
CHLORURE D'ACETYLE	75-36-5	0,079	-	-	-	2	-	-, -, C4, -
CHLORURE DE BENZOYLE	98-88-4	0,007	1 316	12 000	-	2	0,5	A1, -, C3, D4
CHLORURE DE CYANOGENE	506-77-4	1	GAZ	-	48	1	0,3	-, B4, C5, D6
CHLORURE D'HYDROGENE	7 647-01-0	0,77	GAZ	-	1 000	5	5	-, B2, C5, D5
CRESOL	1 319-77-3	0,00028	180	11 000	-	-	5	A1, -, -, D1
CROTONALDEHYDE	123-73-9	0,12	41 000	21 000	-	4	2	A1, -, C4, D4
CUMENE	98-82-8	0,03	5 900	9 000	-	200	20	A1, -, C2, D3
CYANOACRYLATE DE 2-METHYLE	137-05-3	1	530	-	-	2	0,2	-, -, C5, D6
CYANURE D'HYDROGENE	74-90-8	0,58	970 000	56 000	110	2	2	A1, B3, C5, D5
CYCLOHEXANE	110-82-7	25	130 000	13 000	-	-	100	A3, -, -, D5
CYCLOHEXANOL	108-93-0	0,15	2 000	24 000	-	75	0,25	A1, -, C3, D5
CYCLOHEXANONE	108-94-1	0,88	6 000	11 000	-	50	10	A1, -, C4, D4
CYCLOHEXENE	110-83-8	0,18	99 000	12 000	-	-	300	A1, -, -, D2
CYCLOHEXYLAMINE	108-91-8	2,6	15 000	-	-	-	10	-, -, -, D5

	N° CAS	Limite olfactive (ppm)	Volatilité à 25° C (ppm)	LIE (ppm)	LCLo (ppm)	TCLo (ppm)	VL (ppm)	Classification
CYCLOPENTADIENE	542-92-7	1,9	560 000	-	-	250	75	-, -, C3, D4
p-CYMENE	99-87-6	0,0021	1 316	7 000	-	-	25	A1, -, -, D1
DECABORANE	17 702-41-9	0,06	110	-	-	-	0,05	-, -, -, D6
DECANE	124-18-5	0,74	1 316	8 000	-	-	-	A1, -, -, -
DIBORANE	19 287-45-7	2,5	GAZ	8 000	159	25	0,1	A2, B4, C4, D6
1,2-DICHLOROBENZENE	95-50-1	0,3	1 800	20 000	-	-	20	A1, -, -, D4
1,4-DICHLOROBENZENE	106-46-7	0,18	1 200	-	-	50	0,75	-, -, C3, D5
1,1-DICHLOROETHANE	75-34-3	100	300 000	56 000	-	-	100	A3, -, -, D5
1,2-DICHLOROETHANE	107-06-2	88	110 000	62 000	-	25	10	A3, -, C6, D6
1,1-DICHLOROETHYLENE	75-35-4	190	790 000	56 000	-	6	2	A3, -, C6, D6
1,2-DICHLOROETHYLENE	540-59-0	17	420 000	97 000	-	-	200	A2, -, -, D4
trans-DICHLOROETHYLENE	156-60-5	17	420 000	97 000	-	1 200	200	A2, -, C4, D4
DICHLOROETHYLETHER	111-44-4	0,049	1 500	-	1 000	100	5	-, B1, C2, D3
DICHLOROMETHANE	75-09-2	25	550 000	130 000	-	500	50	A2, -, C4, D5
1,2-DICHLOROPROPANE	78-87-5	0,25	69 000	34 000	-	-	75	A1, -, -, D3
1,3-DICHLOROPROPENE	542-75-6	1	36 850	50 000	-	1 500	1	A1, -, C2, D5
DICYCLOPENTADIENE	77-73-6	0,003	3 600	8 000	-	10	0,5	A1, -, C2, D3
DIELDRINE	60-57-1	0,041	0,008	-	-	-	0,016	-, -, -, D6
DI (2,3-EPOXY) PROPYL ETHER	05-07-2238	4,7	120	-	-	10	0,1	-, -, C5, D6
DIETHYLAMINE	109-89-7	0,05	310 000	18 000	-	-	5	A1, -, -, D3
2-DIETHYLAMINOETHANOL	100-37-8	0,011	2 900	-	-	200	2	-, -, C1, D3
DIFLUORURE D'OXYGENE	7 783-41-7	0,1	GAZ	-	-	0,5	0,05	-, -, C5, D6
DIISOCYANATE DE 4-METHYL-m-PHENYLENE	584-84-9	0,17	21	9 000	0,5	0,02	0,005	A1, B5, C6, D6
DIISOPROPYLAMINE	108-18-9	1,8	110 000	8 000	-	-	5	A2, -, -, D5
N,N-DIMETHYLACETAMIDE	127-19-5	47	2 600	18 000	-	20	2	A3, -, C6, D6
DIMETHYLAMINE	124-40-3	0,047	GAZ	28 000	-	-	1	A1, -, -, D4
N,N-DIMETHYLANILINE	121-69-7	0,013	1 000	10 000	-	-	5	A1, -, -, D3
DIMETHYLETHOXSILANE	14 857-34-2	1	-	-	-	1,5	0,5	-, -, C5, D6
N,N-DIMETHYLFORMAMIDE	68-12-2	0,47	3 100	22 000	-	20	10	A1, -, C4, D4
2,6-DIMETHYLHEPTANE-4-OL	108-82-7	0,104	395,8	8 000	-	-	-	A1, -, -, -
2,6-DIMETHYLHEPTANE-4-ONE	108-83-8	0,11	3 300	8 000	-	50	25	A1, -, C3, D3
N,N-DIMETHYLHYDRAZINE	57-14-7	1,7	210 000	20 000	-	-	0,01	A1, -, -, D6
DINITRATE DE PROPYLENE GLYCOL	6 423-43-4	0,2	-	-	-	1	0,05	-, -, C5, D6
1,4-DIOXANE	123-91-1	2,8	52 000	19 000	470	300	10	A2, B3, C3, D5
DIOXYDE D'AZOTE (NO2)	10 102-44-0	0,11	GAZ	-	200	90	3	-, B2, C3, D4
DIOXYDE DE CARBONE	124-38-9	74 000	GAZ	-	100 000	-	5 000	-, B5, -, D6
DIOXYDE DE CHLORE	10 049-04-4	0,1	GAZ	-	-	-	0,1	-, -, -, D5
DIOXYDE DE SOUFRE	7 446-09-5	1,1	GAZ	-	400	3	2	-, B3, C5, D5
DIPHENYLAMINE	122-39-4	0,022	1 316	-	-	-	1,45	-, -, -, D4
DISULFURE DE CARBONE	75-15-0	0,1	470 000	10 000	2 000	420	10	A1, B1, C2, D3
DISULFURE DE DIMETHYLE	624-92-0	0,00078	37 770	-	-	-	1	-, -, -, D2
1,2-EPOXY-3-ALLYLOXYPROPANE	106-92-3	8,8	6 185	-	-	250	1	-, -, C4, D6
1,2-EPOXY-3-ISOPROPOXYPROPANE	4 016-14-2	303	12 370	-	-	-	50	-, -, -, D6
ETHANE	74-84-0	900	GAZ	30 000	140 000	-	140 000	A4, B3, -, D3
ETHANEDINITRILE	460-19-5	235	GAZ	60 000	-	16	2	A3, -, C6, D6
ETHANETHIOL	75-08-1	0,00076	710 000	28 000	-	-	0,5	A1, -, -, D3
ETHANOL	64-17-5	84	75 000	33 000	-	-	525	A3, -, -, D5
2-ETHOXYETHANOL	110-80-5	2,7	7100	18 000	-	6 000	5	A2, -, C2, D5
ETHYLAMINE	75-04-7	0,95	GAZ	35 000	-	25	5	A1, -, C4, D5
ETHYLBENZENE	100-41-4	2,3	13 000	12 000	-	100	100	A2, -, C4, D4
ETHYLENE	74-85-1	290	GAZ	27 000	800 000	-	280	A4, B2, -, D6

TABLEAU VI

Comparaison entre les seuils de détection olfactive et les critères de risque (aigu ou chronique)
 Comparison of olfactive detection thresholds and risk (acute or chronic) criteria

	N° CAS	Limite olfactive (ppm)	Volatilité à 25° C (ppm)	LIE (ppm)	LCLo (ppm)	TCLo (ppm)	VL (ppm)	Classification
ETHYLENE GLYCOL	107-21-1	24,4	120	32 000	-	3 900	10	A2, -, C3, D6
ETHYLENE-DIAMINE	107-15-3	1	16 000	-	-	200	10	-, -, C3, D4
5-ETHYLIDENE-8,9,10-TRINORBURN-2-ENE	16 219-75-3	0,014	6 000	-	-	6	5	-, -, C3, D3
4-ETHYLMORPHOLINE	100-74-3	1,4	11 000	10 000	-	50	5	A2, -, C4, D5
FLUOR	7 782-41-4	0,14	GAZ	-	-	10	0,1	-, -, C4, D6
FLUORURE D'HYDROGENE	7 664-39-3	0,042	GAZ	-	50	-	1,8	-, B2, -, D4
FORMALDEHYDE	50-00-0	0,05	GAZ	70 000	-	1	0,3	A1, -, C4, D5
FORMIATE DE BUTYLE	592-84-7	1,07	52 640	17 000	-	10 418	-	A1, -, C2, -
FORMIATE D'ETHYLE	109-94-4	31	320 000	27 000	-	330	100	A3, -, C4, D5
FORMIATE DE METHYLE	107-31-3	600	130 000	50 000	-	-	100	A4, -, -, D6
2-FURALDEHYDE	98-01-1	0,078	2 100	21 000	-	0,15	2	A1, -, C5, D4
GLUTARALDEHYDE	111-30-8	0,04	-	-	-	0,1	0,05	-, -, C5, D5
HALOTHANE	151-67-7	33	390 000	-	7 000	-	5	-, B3, -, D6
HEPTACHLORE	76-44-8	0,02	0,4	-	-	-	0,0035	-, -, -, D6
HEPTANE	142-82-5	9,8	52 640	10 500	-	1 000	300	A2, -, C3, D4
2-HEPTANONE	110-43-0	0,14	2 100	11 000	-	-	50	A1, -, -, D3
HEXACHLOROCYCLOPENTADIENE	77-47-4	0,03	78	-	-	-	0,01	-, -, -, D6
HEXACHLOROETHANE	67-72-1	0,15	770	-	-	-	1	-, -, -, D5
HEXANE	110-54-3	80	200 000	11 800	-	190	50	A3, -, C5, D6
2-HEXANONE	591-78-6	0,076	5 000	12 000	-	1 000	5	A1, -, C1, D4
HYDRAZINE	302-01-2	3,7	18 000	47 000	-	-	0,01	A1, -, -, D6
4-HYDROXY-4-METHYL-2-PENTANE-2-ONE	123-42-2	0,28	1 600	18 000	-	100	50	A1, -, C3, D3
2,2'-IMINODIETHANOL	111-42-2	0,27	78	-	-	-	0,4	-, -, -, D5
INDENE	95-13-6	0,015	2 200	-	-	-	10	-, -, -, D3
IODOFORME	75-47-8	0,005	49	-	-	-	0,6	-, -, -, D3
ISOBUTANE	75-28-5	10	GAZ	19 000	-	-	1 000	A2, -, -, D3
ISOBUTYRALDEHYDE	78-84-2	0,04	-	16 000	-	-	-	A1, -, -, -
ISOCYANATE DE METHYLE	624-83-9	2,1	630 000	53 000	-	2	0,01	A1, -, C6, D6
ISOPHORONE	78-59-1	0,2	450	8 000	-	25	5	A1, -, C3, D4
ISOPROPYLAMINE	75-31-0	1,2	740 000	20 000	-	10	5	A1, -, C5, D5
LACTATE DE BUTYLE	138-22-7	7	590	-	-	-	5	-, -, -, D6
LACTATE D'ETHYLE	97-64-3	1,62	-	15 500	-	-	-	A2, -, -, -
MESITYLENE	108-67-8	0,23	-	-	-	10	20	-, -, C4, D4
METHACRYLATE DE METHYLE	80-62-6	0,05	52 000	21 000	-	125	10	A1, -, C2, D3
METHACRYLONITRILE	126-98-7	2,1	88 000	-	-	-	1	-, -, -, D6
METHANE	74-82-8	200	GAZ	53 000	-	140 000	-	A3, -, C3, -
METHANETHIOL	74-93-1	0,0016	GAZ	39 000	-	-	0,5	A1, -, -, D3
METHANOL	67-56-1	3	160 000	60 000	-	300	200	A1, -, C3, D4
2-METHOXYETHANOL	109-86-4	2,3	16 000	25 000	-	25	0,3	A1, -, C4, D6
2-METHOXY-2-METHYLPROPANE	994-05-8	0,027	98 700	-	-	-	20	-, -, -, D3
1-METHOXY-2-PROPANE-2-OL	107-98-2	10	16 000	-	-	3 000	100	-, -, C3, D4
bis(2-METHOXYPROPYL) ETHER	34 590-94-8	100	540	11 000	-	300	50	A3, -, C5, D6
METHYLAMINE	74-89-5	0,0009	GAZ	50 000	-	20	5	A1, -, C1, D2
N-METHYLANILINE	100-61-8	1,7	640	-	-	-	0,5	-, -, -, D6
2-METHYLBUTANE-1-OL	137-32-6	0,23	-	14 000	-	-	-	A1, -, -, -
2-METHYLBUTANE-2-OL	75-85-4	1,9	13 160	12 000	-	-	100	A2, -, -, D4
3-METHYLBUTANE-1-OL	123-51-3	0,042	4 300	12 000	-	100	100	A1, -, C2, D2

	N° CAS	Limite olfactive (ppm)	Volatilité à 25° C (ppm)	LIE (ppm)	LCLo (ppm)	TCLo (ppm)	VL (ppm)	Classification
3-METHYLBUTANONE	563-80-4	1,9	39 000	18 000	-	-	200	A2, -, -, D3
METHYL tert-BUTYL ETHER	1 634-04-4	0,09	329 000	25 000	-	-	50	A1, -, -, D3
METHYLCYCLOHEXANE	108-87-2	630	61 000	12 000	-	-	50	A4, -, -, D6
2-METHYLCYCLOHEXANOL	583-59-5	500	710	-	-	500	50	-, -, C5, D6
METHYLCYCLOHEXANOL	25 639-42-3	500	710	-	-	500	50	-, -, C5, D6
4,4'-METHYLENE DIANILINE	101-77-9	0,5	-	-	-	0,5	0,1	-, -, C5, D6
5-METHYLHEPTANE-3-ONE	541-85-5	5	3 600	-	-	-	10	-, -, -, D5
5-METHYLHEXANE-2-ONE	110-12-3	0,012	4 800	11 000	-	-	20	A1, -, -, D2
METHYLHYDRAZINE	60-34-4	1,7	65 000	25 000	-	90	0,01	A1, -, C4, D6
METHYL OXIRANNE	75-56-9	35	700 000	21 000	-	580	2	A3, -, C4, D6
2-METHYLPENTANE-2,4-DIOL	107-41-5	50	100	-	-	50	25	-, -, C5, D6
2-METHYLPENTANE-1-OL	105-30-6	0,077	-	-	-	50	25	-, -, C3, D3
4-METHYLPENTANE-2-OL	108-11-2	0,07	7 800	10 000	-	50	25	A1, -, C3, D3
4-METHYLPENTANE-2-ONE	108-10-1	0,3	9 500	14 000	-	50	20	A1, -, C3, D4
4-METHYLPENT-3-ENE-2-ONE	141-79-7	0,45	13 000	13 000	-	25	15	A1, -, C4, D4
2-METHYLPROPANE-1-OL	78-83-1	0,83	13 160	12 000	-	-	50	A1, -, -, D4
2-METHYLPROPANE-2-OL	75-65-0	47	55 000	23 500	-	-	100	A3, -, -, D5
2-METHYLPROPENE	115-11-7	12,3	-	18 000	-	-	-	A2, -, -, -
METHYLVINYLE CETONE	78-94-4	0,2	110 400	21 000	-	-	0,2	A1, -, -, D5
MONOXYDE DE CARBONE	630-08-0	100 000	GAZ	100 000	4 000	100	25	A5, B6, C6, D6
MORPHOLINE	110-91-8	0,01	13 000	18 000	-	-	9	A1, -, -, D3
NAPHTALENE	91-20-3	0,084	120	9 000	-	15	10	A1, -, C3, D3
NITRATE DE N-PROPYLE	627-13-4	50	30 000	20 000	-	-	25	A3, -, -, D6
NITROBENZENE	98-95-3	0,005	360	18 000	-	-	1	A1, -, -, D3
NITROETHANE	79-24-3	2,1	27 000	34 000	-	-	100	A1, -, -, D4
NITROMETHANE	75-52-5	3,5	47 000	71 000	-	-	20	A1, -, -, D5
1-NITROPROPANE	108-03-2	11	13 000	22 000	-	100	25	A2, -, C5, D5
2-NITROPROPANE	79-46-9	5	22 000	26 000	-	20	10	A2, -, C5, D5
3-NITROTOLUENE	99-08-1	0,017	1 316	-	-	-	2	-, -, -, D3
NITROTOLUENE	1 321-12-6	0,045	280	-	-	-	2	-, -, -, D4
NONANE	111-84-2	47	6 000	8 000	-	-	200	A3, -, -, D5
OCTANE	111-65-9	48	18 000	10 000	100 000	-	300	A3, B2, -, D5
3-OCTANONE	106-68-3	0,06	-	-	-	-	25	-, -, -, D3
SILICATE D'ETHYLE	78-10-4	11,7	3 000	13 000	-	250	10	A2, -, C4, D6
OXYDE DE DIBUTYLE	142-96-1	0,047	9 000	15 000	-	200	-	A1, -, C2, -
OXYDE DE DIETHYLE	60-29-7	8,9	700 000	18 500	-	200	100	A2, -, C4, D4
OXYDE DE DIISOPROPYLE	108-20-3	0,017	210 000	14 000	-	800	250	A1, -, C1, D1
OXYDE DE DIPHENYLE	101-84-8	0,0012	29	8 000	-	-	1	A1, -, -, D3
OXYDE D'ETHYLENE	75-21-8	261	GAZ	30 000	-	100	0,5	A3, -, C6, D6
OXYDE NITRIQUE	10 102-43-9	0,3	GAZ	-	-	60	25	-, -, C3, D4
OXYFLUORURE DE CHLORE	7616-94-6	10	GAZ	-	-	-	3	-, -, -, D6
OZONE	10 028-15-6	0,045	GAZ	-	50	0,2	0,05	-, B2, C5, D5
PARATHION	56-38-2	0,04	-	-	-	-	0,0084	-, -, -, D6
PENTABORANE	19 624-22-7	0,96	270 000	4 200	1 000	25	0,005	A2, B2, C4, D6
PENTANE	109-66-0	400	670 000	14 000	130 000	90 000	600	A4, B3, C3, D5
1-PENTANOL	71-41-0	0,46	1 316	12 000	-	-	-	A1, -, -, -
2-PENTANONE	107-87-9	11	21 000	16 000	-	150	200	A2, -, C4, D4
3-PENTANONE	96-22-0	0,31	-	16 000	-	-	200	A1, -, -, D3
PENTASULFURE DE PHOSPHORE	1 314-80-3	0,0047	-	-	-	1,1	0,11	-, -, C3, D4
PERCHLOROMETHYL MERCAPTAN	594-42-3	0,001	-	-	-	0,03	0,1	-, -, C4, D3
PHENANTRENE	85-01-8	0,008	1 316	-	-	-	0,03	-, -, -, D5

TABLEAU VI

Comparaison entre les seuils de détection olfactive et les critères de risque (aigu ou chronique)
 Comparison of olfactive detection thresholds and risk (acute or chronic) criteria

	N° CAS	Limite olfactive (ppm)	Volatilité à 25° C (ppm)	LIE (ppm)	LCLo (ppm)	TCLo (ppm)	VL (ppm)	Classification
PHENOL	108-95-2	0,04	460	15 000	-	-	2	A1, -, -, D4
PHENYLPHOSPHINE	638-21-1	0,57	-	-	-	-	0,05	-, -, -, D6
2-PHENYLPROPENE	98-83-9	0,29	3 800	7 000	-	200	50	A1, -, C3, D3
PHOSGENE	75-44-5	0,9	GAZ	-	30	3	0,02	-, B4, C5, D6
PHOSPHINE	7 803-51-2	0,02	GAZ	10 000	400	2,7	0,1	A1, B1, C3, D5
PHOSPHITE DE TRIMETHYLE	121-45-9	0,0001	34 000	-	-	-	2	-, -, -, D1
PROPANE	74-98-6	16 000	GAZ	22 000	140 000	-	1 000	A5, B5, -, D6
1-PROPANOL	71-23-8	2,6	26 000	21 000	-	400	200	A2, -, C3, D4
2-PROPANOL	67-63-0	22	57 000	20 000	-	400	400	A3, -, C4, D4
PROPENE	115-07-1	76	GAZ	20 000	-	-	1 575	A3, -, -, D4
PROPIONALDEHYDE	123-38-6	0,145	394 800	26 000	-	5,9	20	A1, -, C4, D3
PROPIONATE D'ETHYLE	105-37-3	0,091	52 640	19 000	-	-	-	A1, -, -, -
PROPIONATE DE METHYLE	554-12-1	3,02	52 640	25 000	-	-	-	A2, -, -, -
PYRIDINE	110-86-1	0,17	27 000	18 000	-	-	0,3	A1, -, -, D5
SELENIURE DE DIHYDROGENE	7 783-07-5	0,3	GAZ	-	-	0,2	0,02	-, -, C6, D6
STYRENE	100-42-5	0,04	9 600	11 000	10 000	100	20	A1, B1, C2, D3
SULFURE D'HYDROGENE	7 783-06-4	0,0081	GAZ	40 000	600	5	5	A1, B1, C3, D3
SULFURE DE METHYLE	75-18-3	0,001	-	2 200	-	-	1	A1, -, -, D2
TEREBENTHINE	8 006-64-2	100	6 580	8 000	-	75	100	A4, -, C6, D5
1,1,2,2-TETRABROMOETHANE	79-27-6	1	26	-	-	2	1	-, -, C5, D5
TETRACARBONYLNICKEL	13 463-39-3	0,3	520 000	20 000	30	1	0,05	A1, B3, C5, D6
1,1,2,2-TETRACHLOROETHANE	79-34-5	1,5	8 400	-	-	145	1	-, -, C4, D6
TETRACHLOROETHYLENE	127-18-4	27	25 000	-	-	96	25	-, -, C5, D6
TETRACHLORURE DE CARBONE	56-23-5	96	140 000	-	1 000	20	2	-, B4, C6, D6
TETRAHYDROFURANNE	109-99-9	2	230 000	15 000	-	25 000	50	A2, -, C1, D4
3a,4,7,7a-TETRAHYDRO-4,7-METHANOINDENE	77-73-6	0,0057	3 600	-	-	-	5	-, -, -, D3
TETRAOXYDE D'OSMIUM	20 816-12-0	0,0019	12 000	-	-	0,0133	0,0002	-, -, C5, D6
TOLUENE	108-88-3	2,5	37 000	12 000	10 000	100	40	A2, B2, C4, D4
m-TOLUIDINE	108-44-1	1,48	1 316	-	-	10	2	-, -, C5, D5
o-TOLUIDINE	95-53-4	0,25	330	15 000	-	6	2	A1, -, C4, D5
p-TOLUIDINE	106-49-0	0,33	1 316	-	-	10	2	-, -, C4, D5
1,2,4-TRICHLOROBENZENE	120-82-1	1,4	570	80 000	-	3	2	A1, -, C5, D5
1,1,1-TRICHLOROETHANE	71-55-6	100	160 000	70 000	4 954	200	100	A3, B4, C5, D5
TRICHLOROETHYLENE	79-01-6	28	99 000	80 000	2 900	110	35	A2, B3, C5, D5
TRICHLOROFLUOROMETHANE	75-69-4	5	GAZ	-	-	50 000	1 000	-, -, C1, D3
TRICHLORONITROMETHANE	76-06-2	0,78	34 000	-	119	0,3	0,1	-, B3, C6, D6
1,1,2-TRICHLOROTRIFLUOROETHANE	76-13-1	45	430 000	-	-	-	500	-, -, -, D4
TRIETHYLAMINE	121-44-8	0,1	93 000	12 000	-	5	1	A1, -, C4, D4
TRIFLUORURE D'AZOTE	7 783-54-2	500	GAZ	-	-	-	10	-, -, -, D6
TRIFLUORURE DE BORE	7 637-07-2	1,6	GAZ	-	-	-	1	-, -, -, D6
TRIMETHYLAMINE	75-50-3	0,0002	GAZ	20 000	-	-	5	A1, -, -, D1
1,2,4-TRIMETHYLBENZENE	95-63-6	0,15	-	-	-	-	20	-, -, -, D3
2,4,6-TRIMETHYL-1,3,5-TRIOXANE	123-63-7	0,004	-	13 000	-	-	-	A1, -, -, -
VALERALDEHYDE	110-62-3	0,028	21 000	-	-	-	50	-, -, -, D2
VINYL-TOLUENE	25 013-15-4	10	2 400	19 000	-	400	50	A2, -, C4, D5
m-XYLENE	108-38-3	0,07	13 160	11 000	-	98	50	A1, -, C2, D3

	N° CAS	Limite olfactive (ppm)	Volatilité à 25° C (ppm)	LIE (ppm)	LCLo (ppm)	TCLo (ppm)	VL (ppm)	Classification
o-XYLENE	95-47-6	0,07	11 000	-	300	-	50	-, B2, -, D3
p-XYLENE	106-42-3	0,07	13 160	11 000	-	-	50	A1, -, -, D3
XYLENES	1 330-20-7	0,07	11 000	11 000	10 000	200	50	A1, B1, C2, D3
XYLIDINES	1 300-73-8	0,056	190	-	400	10	0,5	-, B2, C3, D5

BIBLIOGRAPHIE

[1] AMOORE J.E., HAUTALA E. - Odor as an aid to chemical safety : odor thresholds compared with threshold limit values and volatilities for 214 industrial chemicals in air and water dilution. *Journal of Applied Toxicology*, 1983, 3, pp. 272-290.

[2] BENOIT O., PANNIER G. - Les polluants atmosphériques et les odeurs : nature, mesures, méthodes d'élimination. Synthèse bibliographique. Paris, Laboratoire central des Ponts et Chaussées, 1982, rapport de recherche LPC N° 117.

[3] BERTON A. - Limites olfactives et concentrations maximales admissibles de gaz et vapeurs toxiques. *Cahiers de Notes Documentaires*, 1978, 90, pp. 65-75.

[4] CAIN W.S., TURK A. - Smell of danger : an analysis of LP-gaz odorization. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1985, 46, pp. 115-125.

[5] DAVIES D.M. - Textbook of adverse drug reactions, 2e éd. Oxford, Oxford University Press, 1981, p. 471.

[6] DEJONCKERE P.H. - Odorat et médecine du travail. *Cahiers de Médecine du Travail, Cahiers voor Arbeidsgeneeskunde*, 1984, 21, pp. 205-210.

[7] DEVOS M., PATTE F., ROUAULT J., LAFFORT P., VAN GEMERT L.J. - Standardized human olfactory thresholds. Oxford, IRL Press, 1990.

[8] FUCHS S. - Les odeurs dans l'industrie. *Cahiers de Notes Documentaires*, 1969, 56, pp. 265-275.

[9] NAUS A. - Sense of smell. In : GRILLOT R., MAZZA M. - Les odeurs, méthodes analytiques de détection. APAVE, 1971, 175, pp. 85-96.

[10] NAUS A. - Sense of smell. In : HAMMER W. - The hazard detector. *Journal of the American Society of Safety Engineers*, 1973, 18, pp. 35-39.

[11] NAUS A. - Sense of smell. In : HELLMAN T.M., SMALL F. H. - Characterization of the odor properties of 101 petrochemicals using sensory methods. *Journal of the Air Pollution Control Association*, 1974, 24, pp. 979-982.

[12] NAUS A. - Sense of smell. In : HUGON G. - Pathologie oto-rhinolaryngologique professionnelle. In : Pathologie du travail. Paris, Encyclopédie médico-chirurgicale 16535 A 20, 1977, pp. 1-12.

[13] NAUS A. - Sense of smell. In : L'alarme par l'odeur n'est pas concluante ! *Salvo*, 1978, 2, pp. 14-16.

[14] NAUS A. - Sense of smell. In : LITTLE A.D. - Research on chemical odors. Part I - Odor thresholds for 53 commercial chemicals. Washington, Manufacturing Chemists' Association, 1968.

[15] NAUS A. - Sense of smell. In : AMAMO H. - Étude analytique du système nerveux. In : MEYER P. (éd.) - Physiologie humaine. Paris, Flammarion Médecine-Sciences, 1977, pp. 753-844.

[16] NAUS A. - Sense of smell. In : MANTEN A. - Antibiotic drugs. In : Meyler's side effects of drugs. Amsterdam, MNG Dukes, 1975, coll. Excerpta Medica, p. 628 et p. 640.

[17] NAUS A. - Sense of smell. In : NAUS A. - The importance of the sense of smell. *British Journal of Industrial Safety*, 1965, 6, pp. 285-286.

[18] NAUS A. - Sense of smell. In : NAUS A. - Olfactory properties of industrial matters. Prague, Universita Karlova Praha, 1975.

[19] NAUS A. - Sense of smell. In : Encyclopaedia of occupational health and safety, 3e éd. Genève, Bureau international du travail, 1983, 2, pp. 2065-2069.

[20] NORES J.M., BIACABE B., BONFILS P. - Produits chimiques toxiques pour le système olfactif (analyse et description). *La Presse Médicale*, 2000, 29, 32, pp. 1773-1781.

[21] Registry of toxic effects of chemical substances. Canadian Centre for Occupational Health and Safety, CD Rom 2003.

[22] RUTH J.H. - Odor thresholds and irritation levels of several chemical substances : a review. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 1986, 47, pp. 142-151.

[23] SAX N.I. - Dangerous properties of industrial materials, 6e éd. New York, Van Nostrand Reinhold Company, 1984.

[24] SIGLI P., THAL M.F., ZETTWOOG P. - Les bases de l'olfactométrie industrielle. *Pollution Atmosphérique*, 1974, 63, pp. 315-326.

[25] THAL M.F., ZETTWOOG P., GUILLET P. - Mesure des odeurs. *Nuisances et Environnement*, 1978, 67, pp. 37-39.

[26] UZIEL A. - Classification des troubles de l'odorat. *Cahiers d'O.R.L.*, 1978, 13, pp. 929-931.

[27] Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. *Cahiers de Notes Documentaires*, 2e édition, ND 2098.

[28] TLVs and BEIs with other worldwide occupational exposure values. CD-ROM 2002. (TLVs (Threshold Limit Values), BEIs (Biological Exposure Indices) et autres valeurs limites internationales d'exposition professionnelle. CD-ROM 2002). American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 1330 Kemper Meadow Drive, Cincinnati, OH 45240, États-Unis), 2002, 1 CD-Rom.

[29] WIBOWO A., Van DOORN R., ZAWIERKO J. - Geurwaarneming : een acuut gezondheidsgevaar ? Over het gebruik van de Gevaar Waarnemingsindex (GWI). *Médecine du travail et ergonomie*, 2003, 11, 1 : pp. 25-31.

[30] ZETTWOOG P. - Olfactométrie dans l'industrie, application à la mesure des odeurs à l'émission et dans l'environnement. In : Mesures et analyse. Paris, Techniques de l'ingénieur, 1978, 15, pp. P 445-1 - P 445-8.

[31] Arrêté du 30 juin 2004 établissant la liste des valeurs limites d'exposition professionnelles indicatives en application de l'article R. 232-5-5 du code du travail. *J.O. du 11 juillet 2004*.

[32] Dossier "Le Nobel a du nez", *Le quotidien du médecin*, 6 octobre 2004 : pp. 8-11.