



## Qualité de l'air — Définitions des fractions de tailles des particules pour l'échantillonnage lié aux problèmes de santé

Le Rapport technique 7708 a été établi par le comité technique ISO/TC 146, *Qualité de l'air*, et approuvé par la majorité de ses membres. Les raisons qui ont conduit à la décision de publier ce document sous la forme d'un Rapport technique sont les suivantes :

- il a été estimé que le document ne pouvait définir que des conventions relatives aux tailles des particules qui doivent être recueillies pour évaluer les effets nocifs éventuels;
- le choix d'une coupure au diamètre aérodynamique de 10  $\mu\text{m}$  au larynx comme base de ces conventions;
- la publication d'un Rapport technique encouragera d'autres expériences avec ces conventions, ainsi que leur acceptation.

### 0 Introduction

Les effets biologiques des particules inspirées dans le corps humain dépendent de la nature des particules et de l'endroit où elles se déposent, bien que l'on ait très peu de connaissances concernant leur effet d'une part sur l'appareil respiratoire dans son ensemble et, d'autre part, sur les régions particulières. On ne connaît pas très bien non plus les effets des dépôts d'une région sur une autre région.

Les gouttelettes inspirées ou les éléments solubles des particules solides inspirées peuvent être absorbés par les tissus dans la région où ils se déposent, ou encore les particules peuvent causer des dégâts dans la région où elles se sont déposées si elles sont corrosives ou actives. Dans le cas des autres particules inspirées, les effets biologiques peuvent dépendre de la région dans laquelle les dépôts s'effectuent, du mécanisme et de la voie d'élimination. Par exemple, les particules inspirées qui se déposent en dehors du thorax et qui ne sont pas éliminées par le nez ou la bouche seront probablement avalées et peuvent devenir un risque par absorption dans les voies gastro-intestinales. Les particules inspirées qui se déposent dans la région trachéo-bronchique et qui sont éliminées par les mouvements muco-ciliaires seront probablement ingurgitées, et l'absorption gastro-intestinale est donc également un chemin possible pour ces particules. Les particules inspirées qui se déposent dans la région alvéolaire peuvent également être éliminées par cette voie ou par le système lymphatique ou encore, elles peuvent être la cause d'une réaction dans la région alvéolaire elle-même. Tous les facteurs étudiés : inspiration, formation de dépôts et élimination, peuvent varier d'une façon considérable d'un individu à l'autre.

## 1 Objet et domaine d'application

Le présent Rapport technique définit des conventions relatives aux tailles des particules qui doivent être recueillies pour évaluer les effets nocifs éventuels des particules de l'air ambiant (voir 2.20). On convient d'une coupure au diamètre aérodynamique de 10  $\mu\text{m}$  au larynx.

Les conventions recommandées sont destinées à être employées dans des environnements professionnels ou non où les particules, qui se déposent en quelque point que ce soit des voies respiratoires, sont considérées comme potentiellement dangereuses. Les limitations du champ d'application sont données en 5.1.

On suppose que tout effet sur la santé est proportionnel à la masse des particules formant le dépôt, soit dans l'appareil respiratoire globalement, soit dans les régions particulières.

Le choix d'une convention d'échantillonnage recommandée pour recueillir et analyser les particules dépend de la source de l'effet biologique dans le cas des composants chimiques considérés (voir 5.2).

## 2 Définitions

Dans le cadre du présent Rapport technique, les définitions suivantes sont applicables. (La liste des symboles est donnée dans le tableau 1.)

**2.1 diamètre aérodynamique d'une particule,  $\phi$**  : Diamètre d'une sphère de masse volumique de 1  $\text{g}/\text{cm}^3$  dont la vitesse limite de chute est la même que celle de la particule dans les mêmes conditions de température et d'humidité relative.

NOTE — Pour les particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 0,5  $\mu\text{m}$ , le diamètre de diffusion de la particule remplace son diamètre aérodynamique. Le diamètre de diffusion de la particule est le diamètre d'une sphère dont le coefficient de diffusion est le même que celui de la particule dans les conditions de température et d'humidité relative considérées.

**2.2 fonction de distribution massique,  $M$**  : Concentration massique des particules ambiantes aéroportées par intervalle équivalent au diamètre aérodynamique.

**2.3 concentration massique totale (des particules ambiantes aéroportées),  $M_{\text{tot}}$**  :

$$M_{\text{tot}} = \int_0^{\infty} M(\phi) d\phi$$

**2.4 débit d'inspiration des voies respiratoires,  $q_R$**  : Volume d'air inspiré par unité de temps moyenné sur un ou plusieurs cycles de respiration.

**2.5 débit d'inspiration de l'instrument d'échantillonnage,  $q_s$**  : Volume d'air qui passe dans un instrument d'échantillonnage par unité de temps.

**2.6 capacité d'inspiration,  $\xi$**  : Rapport entre la concentration en masse de particules ambiantes aéroportées d'un diamètre aérodynamique,  $\phi$ , donné qui sont inspirées par le nez et la bouche et la concentration en masse de ces particules avant que l'air ne soit affecté par la présence de l'individu exposé et avant inspiration, dans les conditions correspondantes de mouvement d'air.

**2.7 fraction massique inspirable (des particules ambiantes aéroportées),  $I$**  : Concentration en masse des particules inspirables par rapport à la concentration en masse totale :

$$I = \frac{\int_0^{\infty} M(\phi) \xi(\phi) d\phi}{M_{\text{tot}}}$$

**2.8 probabilité de dépôt («déposabilité» à ne pas utiliser),  $\psi$**  : Probabilité qu'a une particule inspirée de se déposer dans l'appareil respiratoire.

**2.9 probabilité de dépôt régional,  $\psi_X$**  : Probabilité qu'a une particule inspirée de se déposer dans une région X de l'appareil respiratoire.

**2.10 probabilité de dépôt extrathoracique,  $\psi_E$**  : Probabilité qu'a une particule inspirée de se déposer dans la tête et le larynx jusqu'à et y compris dans le larynx.

**2.11 probabilité de dépôt trachéo-bronchique,  $\psi_B$**  : Probabilité qu'a une particule inspirée de se déposer entre le larynx et les voies non ciliées.

**2.12 probabilité de dépôt alvéolaire,  $\psi_A$**  : Probabilité qu'a une particule inspirée de se déposer dans les voies non ciliées.

**2.13 probabilité de dépôt thoracique,  $\psi_T$**  : Somme des probabilités de dépôt trachéo-bronchique et alvéolaire :

$$\psi_T = \psi_B + \psi_A$$

**2.14 taux massique de dépôt dans l'appareil respiratoire,  $D_R$**  : Masse de particules déposées dans l'appareil respiratoire par unité de temps.

**2.15 taux massique de dépôt dans l'instrument d'échantillonnage,  $D_S$**  : Masse de particules déposées dans un instrument d'échantillonnage par unité de temps.

**2.16 efficacité de captage,  $E$**  : Rapport de la concentration en masse, des particules ambiantes aéroportées de diamètre aérodynamique,  $\phi$ , mesurée par un appareil d'échantillonnage, à la concentration en masse de ces particules avant que l'air n'ait été affecté par la présence de l'appareil d'échantillonnage ou par celle de l'appareil d'échantillonnage et de l'individu exposé qui le porte.

**2.17 facteur de convention d'échantillonnage,  $K_X$**  : Rapport de la fraction de la concentration en masse de particules ambiantes aéroportées de diamètre aérodynamique,  $\phi$ , mesurée à l'aide d'un appareillage d'échantillonnage suivant la convention d'échantillonnage pour la région X des voies respiratoires, à la fonction de probabilité  $\xi(\phi) \psi_X(\phi)$  pour les particules ambiantes aéroportées qui se déposent dans la région X des voies respiratoires.

**2.18 fraction massique déposée,  $F$**  : Rapport de la masse de particules qui se déposent dans les voies respiratoires par unité de volume d'air inspiré, à la concentration en masse totale des particules ambiantes aéroportées :

$$F = \frac{\int_0^{\infty} M(\phi) \xi(\phi) \psi(\phi) d\phi}{M_{\text{tot}}}$$

**2.19 fraction massique régionale déposée,  $F_X$**  : Rapport de la masse de particules qui se déposent dans la région X des voies respiratoires par unité de volume de l'air inspiré, à la concentration en masse totale des particules ambiantes aéroportées :

$$F_X = \frac{\int_0^{\infty} M(\phi) \xi(\phi) \psi_X(\phi) d\phi}{M_{\text{tot}}}$$

**2.20 air ambiant** : Air qui entoure le corps humain ou l'appareil d'échantillonnage, avant que ces derniers n'aient eu une influence sur cet air. Cette définition s'applique à la fois aux environnements professionnels et aux autres environnements.

Tableau 1 — Symboles

Symbole	Grandeur
$D_R$	Taux massique de dépôt dans l'appareil respiratoire (2.14)
$D_s$	Taux massique de dépôt dans l'instrument d'échantillonnage (2.15)
$E$	Efficacité de captage (2.16)
$F$	Fraction massique déposée (2.18)
$F_X$	Fraction massique régionale déposée (2.19)
$I$	Fraction massique inspirable (2.7)
$K_X$	Facteur de convention d'échantillonnage (2.17)
$M$	Fonction de distribution massique (2.2)
$M_{tot}$	Concentration massique totale (2.3)
$q_R$	Débit d'inspiration des voies respiratoires (2.4)
$q_s$	Débit d'inspiration de l'instrument d'échantillonnage (2.5)
$\xi$	Capacité d'inspiration (2.6)
$\phi$	Diamètre aérodynamique d'une particule (2.1)
$\psi$	Probabilité de dépôt (2.8)
$\psi_A$	Probabilité de dépôt alvéolaire (2.12)
$\psi_B$	Probabilité de dépôt trachéo-bronchique (2.11)
$\psi_E$	Probabilité de dépôt extrathoracique (2.10)
$\psi_T$	Probabilité de dépôt thoracique (2.13)
$\psi_X$	Probabilité de dépôt régional (2.9)

### 3 Expression générale relative au dépôt

Le taux massique de dépôt des particules ambiantes dans l'appareil respiratoire est donné par la formule

$$D_R = q_R \int_0^{\infty} M(\phi) \xi(\phi) \psi(\phi) d\phi \quad \dots (1)$$

qui prend en compte la probabilité d'inspiration des particules ambiantes aéroportées par le nez et la bouche, la probabilité de ces particules de se déposer, ainsi que le volume d'air inspiré par unité de temps. Si  $F$  est la fraction massique de dépôt des particules ambiantes aéroportées par unité de volume d'air inspiré, et  $M_{tot}$  est la concentration totale en masse des particules ambiantes aéroportées, on a donc :

$$D_R = q_R F M_{tot} \quad \dots (2)$$

Des équations analogues s'appliquent à chaque région X de l'appareil respiratoire,  $\psi(\phi)$  dans l'équation (1) est alors remplacé par  $\psi_X(\phi)$ , et F dans l'équation 2 est remplacé par  $F_X$ .

### 4 Base des mesures

Pour les mesures, les particules ambiantes aéroportées sont recueillies par un instrument dont l'efficacité de captage  $E(\phi)$  est égale à la capacité d'inspiration  $\xi(\phi)$ ; c'est-à-dire, qu'il recueille la même fraction massique  $F$  de particules ambiantes aéroportées que l'appareil respiratoire mais au taux  $D_s$  :

$$D_s = q_s F M_{tot} \quad \dots (3)$$

de sorte que

$$D_R = \frac{D_s q_R}{q_s} \quad \dots (4)$$

Le terme  $D_s/q_s$  est égal à la masse des particules qui se déposent dans les voies respiratoires par unité de volume d'air inspiré. En supposant que  $q_R$  est constant pour toute la population exposée, le taux de dépôt en masse dans les voies respiratoires,  $D_R$ , est alors proportionnel à la concentration en masse mesurée par un instrument qui recueille la même fraction massique  $F$  de particules ambiantes aéroportées que l'appareil respiratoire. Ceci justifie l'expression du risque pour la santé vis-à-vis des concentrations en masse. En pratique,  $q_R$  varie beaucoup et la concentration en masse des particules ambiantes aéroportées donne donc toujours une prévision imparfaite des risques de santé encourus par une personne. Toutefois, la méthode normale consiste à rapporter directement les effets biologiques moyens d'une population exposée à la concentration en masse des particules ambiantes aéroportées, ce qui en fait donne une moyenne de  $q_R$ .

Un raisonnement analogue peut être suivi pour toute région de l'appareil respiratoire, en utilisant  $F_X$ , la fraction massique des particules ambiantes aéroportées qui se dépose dans cette région par unité de volume d'air inspiré, au lieu de  $F$ . Donc, les risques qui existent pour une région donnée peuvent être évalués à l'aide d'instruments étudiés dans le but de mesurer la concentration en masse de la fraction appropriée des particules ambiantes aéroportées.

Il est difficile de concevoir un instrument qui fonctionne avec la même fonction  $\xi(\phi) \psi_X(\phi)$  que la région visée de l'appareil respiratoire. La principale condition que doit remplir un instrument est que la fraction de la concentration totale en masse des particules de diamètre aérodynamique  $\phi$  qu'il recueille ait un rapport constant entre  $K_X$  et  $\xi(\phi) \psi_X(\phi)$  pour toutes les valeurs de  $\phi$ . Dans ce cas, l'équation (4) peut être écrite comme suit :

$$D_R = \frac{D_s q_R}{K_X q_s} \quad \dots (5)$$

Le facteur inconnu  $q_R$  de l'équation (4) est alors devenu le facteur inconnu  $q_R/K_X$  de l'équation (5).

NOTE — Lorsqu'il est nécessaire de supposer une valeur du taux d'inspiration dans l'appareil respiratoire, il est recommandé de prendre  $q_R = 400 \text{ cm}^3/\text{s}$ .<sup>(1)</sup>

## 5 Recommandations quantitatives

### 5.1 Principe et hypothèses

Il est inévitable que des approximations et des hypothèses soient faites pour simuler par un système pratique les interactions très complexes des variables qui régissent les dépôts dans l'appareil respiratoire et qu'un choix soit fait entre les différentes approches possibles.

Les tableaux 2 à 6 donnent des valeurs pour la capacité d'inspiration  $\xi(\phi)$  et pour la répartition des particules qui peuvent être inspirées, en masses correspondant aux fractions extra-thoraciques, trachéo-bronchiques et alvéolaires. Il est envisagé qu'un appareil d'échantillonnage ait une efficacité de captage  $E(\phi)$  égale à la capacité d'inspiration  $\xi(\phi)$  et que les particules ainsi recueillies soient séparées, conformément aux valeurs données, en fractions massiques correspondant aux trois régions de l'appareil respiratoire mentionnées ci-dessus. Toutefois, si nécessaire, les appareils d'échantillonnage peuvent être conçus pour ne recueillir qu'une ou deux de ces fractions massiques.

Les valeurs ne sont nécessairement que des approximations conventionnelles du comportement de l'appareil respiratoire et les hypothèses suivantes seront notées.

- La capacité d'inspiration  $\xi(\phi)$  dépend de la vitesse et de la direction du vent, du taux d'inspiration et du fait que l'inspiration se fait par le nez ou par la bouche. Les valeurs données sont des valeurs représentatives du taux d'inspiration et sont moyennées pour tenir compte de toutes les directions du vent. Cette méthode est satisfaisante pour un individu uniformément exposé à toutes les directions du vent ou à un vent prédominant venant de dos ou de côté, mais les valeurs sous-estimeraient la capacité d'inspiration de particules plus grosses pour un individu qui serait en général face au vent.
- Le diamètre aérodynamique des particules ne caractérise pas parfaitement la probabilité de dépôt des particules ambiantes aéroportées, en particulier dans le cas de particules de taille inférieure au micromètre dont la diffusion est importante.
- La formation des dépôts globaux et leur distribution dans les différentes régions de l'appareil respiratoire varient d'une personne à l'autre, et toute valeur dont l'utilisation est recommandée ne peut que correspondre approximativement à une moyenne. Toutefois, on tient compte dans les valeurs correspondant aux fractions trachéo-bronchique et alvéolaire, de la distinction entre les différentes populations visées (voir 5.2).

- La distribution entre les différentes régions de l'appareil respiratoire dépend également du mode de respiration et la distribution entre les fractions thoracique et extra-thoracique, en particulier, varie suivant que la respiration s'effectue par le nez ou par la bouche. Lorsqu'un choix s'est avéré nécessaire, les valeurs indiquées ont surestimé le dépôt thoracique aux dépens du dépôt extra-thoracique, car lorsqu'il existe une différence, les effets biologiques surviennent plus dans le cas de dépôt thoracique que de dépôt extra-thoracique. De plus, par commodité, les définitions de la Conférence américaine des hygiénistes industriels gouvernementaux (ACGIH) et du Conseil de recherche médicale britannique (BMRC) qui sont très largement utilisées, ont été retenues dans le cas du dépôt alvéolaire chez l'adulte sain.
- Les conventions d'échantillonnage supposent que toutes les particules inspirées se déposent, alors qu'une grande partie en est expirée, particulièrement dans le cas des particules de petites dimensions. Dans de nombreux lieux de travail, les particules inspirées qui seraient expirées ne contribueraient que faiblement à la masse aéroportée, étant donné leurs dimensions relativement réduites.

Une conséquence inévitable de la plupart de ces approximations est que les valeurs données correspondent à  $K_X \xi(\phi) \psi_X(\phi)$  et non aux fonctions de dépôts réels  $\xi(\phi) \psi_X(\phi)$ . Les valeurs peuvent donc différer de la fraction massique des particules ambiantes aéroportées qui se déposent dans la région considérée de l'appareil respiratoire, par un facteur  $K_X$  qui peut être différent pour chaque région de l'appareil respiratoire mais peut être le même pour toutes les valeurs de  $\phi$  dans chaque région de l'appareil respiratoire.

Ceci n'est souvent pas un inconvénient important, car les différents effets biologiques qui suivent la formation de dépôts dans les diverses régions de l'appareil respiratoire seraient normalement, dans tous les cas, de nature à indiquer d'autres rapports entre la masse déposée et la maladie et  $K_X$  serait automatiquement prévu dans la dérivée de la relation entre l'incidence de la maladie et la concentration en masse des particules ambiantes aéroportées mesurée en employant les valeurs. On se réfère donc aux valeurs des tableaux 2 à 6, en tant que conventions d'échantillonnage plutôt qu'en tant que dépôts dans certaines régions.

Au fur et à mesure de l'avancement des connaissances, il pourra être nécessaire de revoir ces valeurs. Dans certains cas, il s'est révélé nécessaire d'extrapoler en dehors de la gamme de taille des particules dans laquelle les mesures ont été effectuées. Le cas le plus grave est celui de la capacité d'inspiration  $\xi(\phi)$  pour laquelle les mesures au moment de déterminer les valeurs n'étaient disponibles que jusqu'à  $\phi = 30 \mu\text{m}$  mais qui, dans le but de compléter les valeurs, a été extrapolée à une valeur nulle de capacité d'inspiration à  $\phi = 185 \mu\text{m}$ . On estime, toutefois, que peu d'aérosols auront une masse substantielle de particules de cette taille.

## 5.2 Utilisation

Il est en principe prévu que des normes internationales relatives à l'échantillonnage des particules ambiantes aéroportées spécifieront quelles conventions d'échantillonnage correspondant aux fractions régionales devraient être utilisées pour les mesures, en tenant compte des effets biologiques des substances chimiques couvertes par la Norme internationale et, dans le cas de la fraction thoracique, en prenant en compte la population qui encoure le risque. Par exemple, si une substance est de nature à être absorbée par le corps humain quel que soit l'endroit où elle se dépose, il serait approprié de spécifier l'échantillonnage de toute la fraction massique inspirable,  $I$ . Si l'on estime que la substance est de nature à aggraver la bronchite chronique, il peut alors être approprié de spécifier la convention d'échantillonnage correspondant à la fraction trachéo-bronchique,  $F_B$ . Si l'on estime que la population la plus soumise au risque se compose de malades et d'infirmes, les valeurs choisies pour les conventions d'échantillonnage correspondant aux fractions trachéo-bronchique et alvéolaire seraient les valeurs de «grand risque» des tableaux 5 et 6; mais si la population soumise au risque se trouve être le groupe adulte qui travaille, l'une des conventions relatives aux «adultes sains» serait choisie. Cette convention alvéolaire de l'adulte sain serait choisie si les normes internationales s'appliquaient à l'échantillonnage des particules fibrosantes du lieu de travail.

Dans le cas rare où la substance chimique est de nature à être dangereuse par dépôt extra-thoracique seulement, il faudrait alors prendre en compte le biais de l'évaluation du dépôt thoracique. Ceci pourrait être fait avec une bonne marge de sécurité en mesurant les fractions extra-thoracique et thoracique ensemble, suivant la définition, car dans le cas de la respiration par le nez, une grande partie des particules affectées à la région trachéo-bronchique sera déposée à l'extérieur du thorax. Dans d'autres rares cas, aucune des fractions définies ici ne pourrait être appropriée.

Pour les mesurages dans la pratique, les valeurs de tout diamètre de particule données dans les tableaux 2 à 6 peuvent varier de  $\pm 15 \%$  par rapport aux valeurs définies; une plus grande latitude peut être permise si, dans les conditions d'utilisation et après application des facteurs de conversion, 67 % des résultats tombent dans  $\pm 10 \%$  du résultat qui serait obtenu si la courbe spécifiée avait été suivie exactement. Les valeurs des tableaux 2 à 6 sont données avec une décimale pour faciliter le tracé de la courbe. Ceci n'implique pas, évidemment, que ce niveau de précision s'applique aux données concernant la biologie humaine.

### 5.3 Base de la division en fractions

#### 5.3.1 Division des particules ambiantes aéroportées en fractions inspirées et non-inspirées

Pour le mesurage des particules ambiantes aéroportées, la capacité d'inspiration  $\xi(\phi)$  doit être représentée conventionnellement par une courbe passant par les points indiqués dans le tableau 2, qui précisera donc la fraction massique inspirable.

D'autres particules ambiantes aéroportées sont par conséquent exclues du mesurage; les conventions d'échantillonnage correspondant aux fractions extra-thoraciques, trachéo-bronchiques et alvéolaires forment des subdivisions de la fraction massique inspirable.

Tableau 2 — Fraction massique inspirable

Diamètre aérodynamique des particules, $\phi$	Capacité d'inspiration, $\xi(\phi)^{1)}$	Diamètre aérodynamique des particules, $\phi$	Capacité d'inspiration $\xi(\phi)^{1)}$	Diamètre aérodynamique des particules, $\phi$	Capacité d'inspiration $\xi(\phi)^{1)}$
$\mu\text{m}$	% <sup>2)</sup>	$\mu\text{m}$	% <sup>2)</sup>	$\mu\text{m}$	% <sup>2)</sup>
0	100	16	65,0	80	26,3
1	95,6	20	60,6	100	19,7
2	91,8	25	55,8	120	14,1
4	85,7	30	51,7	140	9,2
6	80,8	40	44,9	160	4,9
8	76,8	50	39,3	180	1,0
10	73,3	60	34,3	185	0
12	70,3	70	30,1		

1) Ces valeurs sont fondées sur les mesurages de la capacité d'inspiration moyenne d'une personne exposée de manière uniforme à toutes les directions d'un vent dont la vitesse est comprise entre 0 et 8 m/s, ces mesurages étant effectués avec des particules ayant un diamètre aérodynamique allant jusqu'à 30  $\mu\text{m}^{[2]}$  et sur une extrapolation et une interpolation au-delà de cette gamme de taille de particules (pour ces derniers résultats, voir [3]).

L'équation suivante a été utilisée pour l'extrapolation et l'interpolation :

$$\xi(\phi) = 100 - 15 [\log_{10}(\phi + 1)]^2 - 10 \log_{10}(\phi + 1)$$

2) La capacité d'inspiration est exprimée ici en pourcentage de la concentration en masse des particules ambiantes aéroportées.

#### 5.3.2 Division entre fractions extra-thoracique et thoracique

La fraction massique inspirable est divisée au larynx. Les particules inspirées qui passent au-delà du larynx forment la fraction thoracique; celles qui ne passent pas au-delà du larynx forment la fraction extra-thoracique. La courbe passant par les points indiqués dans le tableau 3 définit les conventions d'échantillonnage correspondantes, qui sont données dans le tableau 6, en pourcentages de la concentration en masse des particules ambiantes aéroportées.

Comme indiqué en 5.1, on considère par convention que ces fractions inspirées ne sont pas exhalées.

Tableau 3 — Fraction thoracique conventionnelle

Diamètre aérodynamique des particules, $\phi$	Fraction thoracique conventionnelle des particules inspirables, $K_T \psi_T(\phi)^{1)}$	Diamètre aérodynamique des particules, $\phi$	Fraction thoracique conventionnelle des particules inspirables, $K_T \psi_T(\phi)^{1)}$
$\mu\text{m}$	% <sup>2)</sup>	$\mu\text{m}$	% <sup>2)</sup>
0	100	11	40,7
4	98,8	12	32,5
5	95,6	13	25,9
6	89,6	14	20,3
7	81,0	16	12,3
8	70,9	20	4,4
9	60,3	24	1,5
10	50,0	30	0

1) La base de ces valeurs est constituée par l'examen de la littérature<sup>[4]</sup> qui conclut que, même dans le cas de respiration par la bouche, il n'existe qu'un faible pourcentage de particules de diamètre aérodynamique  $\phi = 15 \mu\text{m}$  qui pénètrent au-delà du larynx. Les points relatifs à  $K_T \psi_T(\phi)$  se trouvent sur une courbe de probabilité logarithmique cumulée dont la courbe médiane est de 10  $\mu\text{m}$  et l'écart-type logarithmique  $\sigma_g$  de 1,5.

2) Les points relatifs à  $K_T \psi_T(\phi)$  sont des pourcentages de la capacité d'inspiration  $\xi(\phi)$ .

### 5.3.3 Division entre fractions trachéo-bronchiale et alvéolaire

La fraction thoracique est subdivisée en fraction trachéo-bronchiale et en fraction alvéolaire. Trois conventions d'échantillonnage sont admises.

Si la population que l'on désire protéger se compose d'adultes sains, la «fraction respirable» ACGIH ou BMRC indiquée dans le tableau 4 doit être appliquée.

Tableau 4 — Fractions alvéolaires conventionnelles

Diamètre aérodynamique des particules, $\phi$	Fraction alvéolaire conventionnelle des particules respirables, $K_A \psi_A (\phi)$	
	ACGIH	BMRC
$\mu\text{m}$	% <sup>1)</sup>	% <sup>1)</sup>
0	90	100
2	90	92,0
2,5	75	87,5
3,5	50	75,5
5	25	50,0
6	—	28,0
7,1	—	0
10	0	—

1) Les points relatifs à  $K_A \psi_A (\phi)$  sont des pourcentages de la capacité d'inspiration  $\zeta(\phi)$ . Voir également [5] et [6].

Le choix de l'une de ces deux courbes est admis, car l'expérience étendue acquise en exploitation a démontré que les mesurages effectués à l'aide de ces deux courbes étaient similaires. La courbe qui est utilisée doit être bien indiquée.

Bien que les conventions d'échantillonnage alvéolaire diffèrent des «fractions respirables» définies par l'ACGIH ou le BMRC, car elles représentent des pourcentages de la capacité d'inspiration  $\zeta(\phi)$ , l'erreur admissible donnée en 5.2 signifie que les mesurages de particules respirables selon les définitions ACGIH et BMRC satisferont probablement ces conventions d'échantillonnage alvéolaire.

Si la population que l'on désire protéger se compose d'enfants, de malades ou d'infirmes, la courbe de sélection, dont les points sont donnés dans le tableau 5, doit être utilisée. Ce choix de personnes soumises à haut risque, aux diamètres aérodynamiques plus faibles est bien adapté, car un décalage similaire est noté pour les dépôts pulmonaires dans ces groupes de population<sup>[7]</sup>.

Tableau 5 — Fraction alvéolaire conventionnelle pour des groupes à haut risque

Diamètre aérodynamique, des particules, $\phi$ <sup>1)</sup>	Fraction alvéolaire conventionnelles des particules inspirables, $K_A \psi_A (\phi)$
$\mu\text{m}$	%
0	90
1,4	90
1,8	75
2,5	50
3,6	25
7,1	0

1) Ces valeurs numériques sont obtenues en multipliant les diamètres aérodynamiques des particules selon la définition ACGIH (tableau 4) par 0,714 pour donner  $K_A \psi_A (\phi) = 50\%$  pour  $\phi = 2,5 \mu\text{m}$ .

Il existe ainsi trois conventions d'échantillonnage possibles définies pour la fraction alvéolaire et trois autres pour la fraction trachéo-bronchique. Elles sont données en pourcentages de la concentration en masse des particules ambiantes aéroportées du tableau 6.

### 5.4 Conventions d'échantillonnage correspondant aux fractions extra-thoraciques, trachéo-bronchiques et alvéolaires exprimées en pourcentages de la concentration en masse des particules ambiantes aéroportées

Les valeurs numériques pour les conventions d'échantillonnage correspondant aux fractions extra-thoraciques, trachéo-bronchiques et alvéolaires, dans les tableaux 3 à 5 sont des pourcentages de la capacité d'inspiration  $\zeta(\phi)$  et sont données pour montrer comment les divisions ont été obtenues.

Cependant, les valeurs correspondant à ces conventions exprimées en pourcentage de la concentration en masse des particules ambiantes aéroportées présentent un plus grand intérêt d'ordre pratique. Ces valeurs sont spécifiées dans le tableau 6 et illustrées par les figures 1 à 3.

On notera que la fraction massique inspirable est la somme des conventions extra-thoraciques et thoraciques, et que la convention thoracique est la somme des conventions alvéolaires et trachéo-bronchiques.

Tableau 6 — Capacité d'inspiration  $\xi(\phi)$  et pourcentages  $K_X \xi(\phi)$ ,  $\psi_X(\phi)$  des particules ambiantes aéroportées attribués à chaque région de l'appareil respiratoire pour constituer les fractions conventionnelles d'échantillonnage

Diamètre aérodynamique des particules, $\phi$ $\mu\text{m}$	Capacité d'inspiration, $\xi(\phi)$ %		Fraction extra-thoracique conventionnelle, $K_E \xi(\phi)$ , $\psi_E(\phi)$ %		Fraction thoracique conventionnelle, $K_T \xi(\phi)$ , $\psi_T(\phi)$ %		Fraction trachéo-bronchique conventionnelle, $K_B \xi(\phi)$ , $\psi_B(\phi)$ %				Fraction alvéolaire conventionnelle, $K_A \xi(\phi)$ , $\psi_A(\phi)$ %			
							ACGIH	BMRC	Haut risque	ACGIH	BMRC	Haut risque	ACGIH	BMRC
0	100	0	0	100	10	0	10	0	10	90	100	90	100	90
1	95,6	0	0	95,6	9,6	2,8	9,6	2,8	9,6	86,0	92,8	86,0	92,8	86,0
2	91,8	0	0	91,8	9,2	7,3	9,2	7,3	30,5	82,6	84,5	82,6	84,5	81,3
3	88,5	0,1	0,1	88,4	33,5	15,4	33,5	15,4	56,1	54,9	73,0	54,9	73,0	32,3
4	85,7	1,0	1,0	84,7	51,3	27,3	51,3	27,3	67,5	33,4	57,4	33,4	57,4	17,2
5	83,1	3,6	3,6	79,5	58,7	37,9	58,7	37,9	69,9	20,8	41,6	20,8	41,6	9,6
6	80,8	8,6	8,6	72,2	59,7	49,6	59,7	49,6	67,9	12,5	22,6	12,5	22,6	4,3
7	78,7	15,0	15,0	63,7	56,5	62,1	56,5	62,1	63,5	7,2	1,6	7,2	1,6	0,2
8	76,8	22,3	22,3	54,5	50,6	54,5	50,6	54,5	54,5	3,9	0	3,9	0	0
10	73,3	36,6	36,6	36,7	36,7	36,7	36,7	36,7	36,7	0	0	0	0	0
12	70,3	47,4	47,4	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	22,9	0	0	0	0	0
14	67,5	53,8	53,8	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7	0	0	0	0	0
16	65,0	57,0	57,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	0	0	0	0	0
18	62,7	58,1	58,1	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	4,6	0	0	0	0	0
20	60,6	57,9	57,9	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	0	0	0	0	0
22	58,6	57,1	57,1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	0	0	0	0	0
25	55,8	55,1	55,1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0	0	0	0	0
30	51,7	51,7	51,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	48,1	48,1	48,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	44,9	44,9	44,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
60	34,3	34,3	34,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80	26,3	26,3	26,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100	19,7	19,7	19,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	14,1	14,1	14,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
140	9,2	9,2	9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
160	4,9	4,9	4,9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
180	1,0	1,0	1,0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
185	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0