
**Qualité de l'air — Conventions de
prélèvement de particules aéroportées
en fonction de leur dépôt dans les voies
respiratoires humaines**

*Air quality — Sampling conventions for airborne particle deposition in
the human respiratory system*

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 13138:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-eb67c0e2ba56/iso-13138-2012)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-
eb67c0e2ba56/iso-13138-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-eb67c0e2ba56/iso-13138-2012)



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 13138:2012

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-
eb67c0e2ba56/iso-13138-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-eb67c0e2ba56/iso-13138-2012)



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire	Page
Avant-propos	iv
Introduction	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	1
4 Principe	4
4.1 Généralités	4
4.2 Raisons à l'origine des premières conventions portant sur la pénétration (EN 481 et ISO 7708)	4
4.3 Besoin de conventions portant sur le dépôt de particules	4
4.4 Application prévue	4
5 Suppositions et approximations	5
6 Conventions de prélèvement concernant le dépôt	5
Annexe A (informative) Variation de dépôt et correction correspondante	10
Bibliographie	16

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 13138:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-eb67c0e2ba56/iso-13138-2012)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-
eb67c0e2ba56/iso-13138-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-eb67c0e2ba56/iso-13138-2012)

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

L'ISO 13138 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 146, *Qualité de l'air*, sous-comité SC 2, *Atmosphères des lieux de travail*.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 13138:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-eb67c0e2ba56/iso-13138-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-eb67c0e2ba56/iso-13138-2012>

Introduction

Les aérosols sont des systèmes dispersés de particules, liquides ou solides, inorganiques ou organiques, anthropogènes ou d'origine naturelle. Ils sont présents dans tous les environnements professionnels et domestiques, en intérieur comme en extérieur. La gamme des différents types d'aérosols est vaste. Beaucoup peuvent être dangereux pour les humains en cas d'exposition par inhalation, car cela peut entraîner un large éventail de maladies en fonction de la région des voies respiratoires dans laquelle les particules inhalées se sont déposées. De nombreuses maladies spécifiques telles que l'asthme, la bronchite, l'emphysème, les pneumoconioses (notamment la pneumoconiose des mineurs, la silicose et l'amiantose) et le cancer des poumons sont toutes connues pour être associées aux expositions par inhalation aux aérosols. La protection des travailleurs et du grand public nécessite par conséquent des normes significatives régulant ces expositions. L'apparition de telles normes remonte au début des années 1900 et s'est accélérée au cours des décennies qui ont précédé la publication de la présente Norme internationale, avec la conscience grandissante des corrélations entre l'exposition et la maladie et grâce à une meilleure compréhension de la nature des aérosols et des expositions aux aérosols. Même très tôt, le rôle joué par la taille des particules sur la pénétration des particules au sein des voies respiratoires, et dans leur dépôt à l'intérieur de celles-ci, a été reconnu. Basée sur un large panel de recherches qui ont été conduites depuis 1960 et avant, la compréhension du rôle joué par la taille des particules sur la distribution des dépôts de particules dans les différentes régions des voies respiratoires a conduit à la spécification de courbes fonction de la taille des particules qui fournissent des lignes directrices relatives aux performances des instruments de prélèvement, de même type que ceux généralement utilisés par les hygiénistes du travail et de l'environnement, qui peuvent être utilisées pour mesurer des expositions de manière directement pertinente pour tout effet sur la santé considéré.

À l'origine, les conventions basées sur les données expérimentales d'études d'inhalation strictement contrôlées sur des volontaires humains ont été exprimées par des courbes décrivant la *pénétration* de la région considérée en fonction de la taille des particules et récemment (depuis les années 60) en fonction de la métrique connue sous le nom de *diamètre aérodynamique des particules* dans une gamme de taille s'étendant de 0,5 µm à 100 µm. Ces conventions ont conduit à leur tour à l'apparition de dispositifs de prélèvement pour recueillir les fractions massiques inhalables, thoraciques et respirables des particules aéroportées dans l'atmosphère des environnements professionnels et des environnements domestiques, bien que ces conventions ne soient pas limitées au simple échantillonnage de masse. Ces conventions ont été délibérément établies de façon conservatrice en raison des importantes variations à l'intérieur de l'organisme et entre les personnes et avec la pleine reconnaissance que le dépôt actuel de particules (par conséquent la véritable exposition) diffère de la pénétration, par exemple dans la région alvéolaire du poumon et dans d'autres scénarios, en particulier dans le cas d'aérosols particulièrement fins. Par conséquent, il était prévu dès le début que les corrélations entre la maladie et l'exposition puissent être quelque peu limitées. Cependant, cette approche a naturellement préparé le terrain pour que les scientifiques spécialisés en aérosols développent des dispositifs de prélèvement ou des moniteurs raisonnablement simples dont les performances puissent correspondre de façon appropriée aux conventions considérées.

Grâce au grand nombre d'informations actuellement disponibles sur les dépôts de particules d'aérosol dans les voies respiratoires humaines, au développement continu de dispositifs de prélèvement plus avancés et véritablement plus représentatifs et à la recherche sur les causes déterminantes des effets sur la santé telles que la surface des particules déposées (par opposition à la masse), l'établissement de conventions tenant compte d'estimations plus directes du dépôt réel est maintenant justifié. La présente Norme internationale fournit des conventions pour les dispositifs de prélèvement prévus pour représenter les fractions de particules d'aérosol inhalées se *déposant* effectivement dans des régions spécifiques des voies respiratoires. L'éventail des tailles de particules est étendu en dessous de 0,1 µm, là où le dépôt est majoritairement dû à la diffusion (mouvement brownien).

Le fait de savoir si ces nouvelles conventions permettront effectivement de sensiblement mieux dégager la corrélation entre l'exposition et la maladie reste pourtant, au moment de la publication, une question ouverte. Néanmoins, le dépôt est probablement un facteur potentiellement causal plus approprié que ne le serait un facteur qui inclurait les particules expirées n'interagissant pas avec le corps. Considérant que les premières conventions ont déjà été adoptées dans de nombreux arrangements légaux pour déterminer la conformité avec les niveaux d'exposition considérés comme sans danger, les nouvelles conventions sont vouées à être appliquées dans un premier temps aux futures recherches sur les effets produits sur la santé. Par la suite, cependant, les normes de conformité elles-mêmes pourront être révisées si des dispositifs de prélèvement

appropriés entrent en usage et que la corrélation entre les mesures d'exposition et les effets sur la santé s'avère être effectivement sensiblement améliorée.

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 13138:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-eb67c0e2ba56/iso-13138-2012)

[https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-
eb67c0e2ba56/iso-13138-2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-eb67c0e2ba56/iso-13138-2012)

Qualité de l'air — Conventions de prélèvement de particules aéroportées en fonction de leur dépôt dans les voies respiratoires humaines

IMPORTANT — Le fichier électronique du présent document contient des couleurs qui sont jugées utiles pour la bonne compréhension du document. Il convient donc aux utilisateurs de considérer l'emploi d'une imprimante couleur pour l'impression du présent document.

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les conventions de prélèvement destinées à définir les dispositifs de prélèvement idéaux pour estimer le dépôt des aérosols non volatils, non hygroscopiques et non fibreux dans cinq régions spécifiques des voies respiratoires. Ces cinq régions sont les secteurs antérieurs et postérieurs des voies nasales, les parties ciliées et non ciliées de la région trachéo-bronchique et la région alvéolaire (d'échange gazeux).

Les conventions sont différenciées en trois efficacités de prélèvement indépendantes définies en termes de diamètre thermodynamique caractérisant le mouvement (brownien) de diffusion des particules sub-micrométriques et en quatre efficacités en termes de diamètre aérodynamique $> 0,1 \mu\text{m}$ caractérisant le dépôt par impact, par interception ou par gravité. Chaque courbe conventionnelle a été développée en faisant la moyenne de 12 courbes de dépôt correspondant à 12 conditions respiratoires faisant la distinction entre l'état assis et l'exercice intense, les hommes et les femmes et les différents modes de respiration (par la bouche ou par les narines).

NOTE Le dépôt est calculé selon un modèle développé par la Commission internationale de radioprotection (ICRP, Référence [3]).

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92-eb67c0e2ba56/iso-13138-2012>

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

ISO 7708, *Qualité de l'air — Définitions des fractions de taille des particules pour l'échantillonnage lié aux problèmes de santé*

Guide ISO/CEI 98-3:2008, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

EN 481, *Atmosphères des lieux de travail — Définition des fractions de taille pour le mesurage des particules en suspension dans l'air*

EN 13205, *Atmosphères des lieux de travail — Évaluation des performances des instruments de mesurage des concentrations d'aérosol*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

diamètre aérodynamique

d_{ae}
diamètre d'une sphère de masse volumique $\rho_0 = 10^3 \text{ kg m}^{-3} = 1 \text{ g cm}^{-3}$ possédant la même vitesse terminale de chute dans l'air calme liée à la pesanteur que celle de la particule, dans les conditions de température, de pression et d'humidité relative régnant dans les voies respiratoires

NOTE 1 Adapté de l'ISO 7708:1995, 2.2.

NOTE 2 Le diamètre aérodynamique est applicable à n'importe quelle particule, mais il dépend de sa masse volumique, de sa forme et de sa porosité.

NOTE 3 Dans les conditions prises en considération dans la présente Norme internationale, le diamètre aérodynamique d'une particule sphérique est en général égal à $d\sqrt{\rho/\rho_0}$, où d est le diamètre géométrique de la sphère. Pour les sphères de masse volumique élevée ayant un diamètre de l'ordre de 0,1 μm , où les aspects corpusculaires de l'air peuvent être significatifs, un facteur de correction pour le «glissement» est requis (voir Référence [3]).

NOTE 4 Pour les particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 0,4 μm environ, le diamètre thermodynamique devient plus significatif que le diamètre aérodynamique pour caractériser le dépôt.

3.2

diamètre thermodynamique

d_{th}
diamètre d'une sphère ayant le même coefficient de diffusion que la particule dans les conditions de température et de pression régnant dans les voies respiratoires

NOTE 1 La faible dépendance du diamètre thermodynamique par rapport à l'humidité relative est ignorée (voir Référence [3]).

NOTE 2 Le diamètre thermodynamique est applicable à n'importe quelle particule, quelle que soit sa forme, et il ne dépend pas de la masse volumique de la particule.

NOTE 3 Le diamètre thermodynamique est égal au diamètre géométrique pour les particules sphériques considérées dans la présente Norme internationale.

NOTE 4 Pour les particules dont le diamètre aérodynamique est supérieur à 0,4 μm environ, le diamètre aérodynamique devient plus significatif que le diamètre thermodynamique pour caractériser le dépôt.

3.3

fraction inhalable

fraction des particules totales en suspension dans l'air de taille donnée inhalées par le nez et la bouche

NOTE 1 Adapté de l'ISO 7708:1995, 2.3.

NOTE 2 Les fractions spécifiées de 3.3 à 3.8, telles que définies à une taille de particules donnée (caractérisée par les diamètres thermodynamique et aérodynamique), ne dépendent pas de la base d'un mesurage, par exemple la masse, la surface ou le nombre de particules.

NOTE 3 Une part significative des particules inhalées peut être expirée, mais puisque ce sont des particules plus petites leur effet sur la masse déposée peut être minime.

3.4

efficacité de dépôt extra-thoracique ET_1

fraction des particules inhalées de taille donnée déposées dans les voies nasales antérieures (c'est-à-dire l'entrée du nez lui-même)

NOTE 1 Des particules peuvent se déposer dans la région ET_1 directement après l'inhalation par le nez ou bien indirectement lors de l'expiration à partir des régions internes des voies respiratoires. Les particules inhalées par la bouche se déposent dans la région ET_1 uniquement lors de l'expiration.

NOTE 2 La proportion nasale/orale entre les particules inhalées est spécifiée dans les conventions présentées dans la présente Norme internationale en calculant la moyenne sur les habitudes respiratoires (6.6) ou en procédant à une correction individuelle (Annexe A).

3.5**efficacité de dépôt extra-thoracique ET₂**

fraction des particules inhalées de taille donnée déposées dans les voies nasales postérieures se composant du larynx et du pharynx

NOTE Des particules peuvent se déposer dans la région ET₂ directement après l'inhalation par la bouche, indirectement par le nez ou lors de l'expiration.

3.6**efficacité de dépôt trachéo-bronchique BB**

fraction des particules inhalées de taille donnée déposées après le larynx dans la trachée et les bronches où le dépôt est éliminé par l'action des cils

NOTE Voir Référence [3] pour de plus amples détails.

3.7**efficacité de dépôt trachéo-bronchique bb**

fraction des particules inhalées de taille donnée déposées après la région BB dans les bronchioles et les bronchioles terminales avant la région alvéolaire (d'échanges gazeux)

NOTE Voir Référence [3] pour de plus amples détails.

3.8**efficacité de dépôt alvéolaire**

fraction des particules aéroportées inhalées de taille donnée déposées dans les alvéoles

3.9**volume courant**

V_T

volume de gaz inspiré ou expiré par le poumon pendant la phase inspiratoire ou expiratoire

NOTE 1 Adapté de l'ISO 10651-4:2002^[1], 3.15.

NOTE 2 Le volume courant est exprimé en millilitres.

3.10**fréquence respiratoire**

f

nombre de respirations par minute

3.11**débit respiratoire**

q

somme des volumes d'air inhalés et expirés par les poumons d'une personne en fonction du temps

NOTE 1 Le débit respiratoire est exprimé en millilitres par seconde.

NOTE 2 Le débit respiratoire est parfois noté par \dot{V} .

NOTE 3 Le débit respiratoire, q , est donné par l'équation $q = 2f V_T$, où f est la fréquence respiratoire et V_T est le volume courant.

3.12**capacité résiduelle fonctionnelle**

CRF

volume d'air présent dans les poumons au terme de l'expiration quand aucun effort particulier n'est effectué

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4 Principe

4.1 Généralités

4.1.1 Un large panel de recherches a été mené sur le dépôt de particules dans les voies respiratoires humaines. Les expériences ont principalement consisté en des études de modèles physiques de l'organisme lors de son exposition à des particules de taille connue sous des conditions de vent contrôlées ou en traçant l'itinéraire de particules marquées par radioactivité après leur inhalation par des sujets humains. Pour une revue des différents projets de recherche, voir la Référence [4]. La Référence [3] présente les modèles détaillés récapitulant les données expérimentales.

4.1.2 Au moment de la publication, l'ISO 7708, l'EN 481, l'ASTM D6062 [2] et l'ACGIH [5] fournissent les seules conventions de prélèvement établies pour la classification des fractions massiques des particules ambiantes (comme étant inhalables, thoraciques ou respirables) susceptibles d'atteindre des régions spécifiques des voies respiratoires. Les conventions sont le résultat d'un compromis entre les définitions précédentes conçues pour évaluer la fraction des poussières de taille donnée qui pénètrent (plutôt que les poussières qui se déposent) dans différentes régions de l'organisme.

4.2 Raisons à l'origine des premières conventions portant sur la pénétration (EN 481 et ISO 7708)

4.2.1 Les conventions ont été établies de façon conservatrice, en exagérant de manière significative la pénétration réelle afin de compenser les importantes variations à l'intérieur de l'organisme et entre les personnes.

4.2.2 Avec des particules grossières (d_{ae} supérieur à 0,5 μm environ), comme celles trouvées dans l'environnement minier, la fraction respirable conventionnelle et les particules d'aérosol déposées dans la région d'échanges gazeux se corrélaient bien en moyenne.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/a86decbf-f8bd-4b90-bb92->

4.2.3 Il existe des dispositifs de prélèvement fonctionnant correctement pour le prélèvement individuel conformément aux conventions relatives à la pénétration.

4.3 Besoin de conventions portant sur le dépôt de particules

4.3.1 Les conventions relatives à la pénétration (ISO 7708, EN 481) n'ont pas été mises en place pour rendre compte de l'expiration de particules sub-micrométriques qui est nécessaire pour réaliser la corrélation avec des effets sur la santé dans certaines situations.

4.3.2 L'ISO 7708 et l'EN 481 ne couvrent pas le dépôt accru dans les régions alvéolaires et extra-thoraciques quand le diamètre de particule est inférieur à 0,5 μm .

4.3.3 L'ISO 7708 et l'EN 481 ont été conçues en tant que limites plutôt qu'en tant qu'estimations. Les conventions portant sur le dépôt, lesquelles ne sont plus conçues d'après des valeurs limites conservatrices (4.2.1), peuvent augmenter la quantité d'informations obtenues lors de l'évaluation sur le lieu de travail et également améliorer l'établissement de valeurs limites d'exposition significatives en milieu professionnel.

4.4 Application prévue

4.4.1 Les conventions de la présente Norme internationale trouvent leur application immédiate dans la recherche portant sur les effets sur la santé en fournissant une corrélation améliorée entre l'évaluation de la qualité de l'air et les effets observés. En particulier, la dose reçue avant élimination des particules peut être estimée. Par exemple, supposons que la *masse* déposée soit la métrique relative à la santé prise en considération. La dose estimée dans la région x , $m_{x,D}$, en milligrammes, est donnée par:

$$m_{x,D} = \frac{1}{2} q t \frac{m_x}{q_x t_s} \quad (1)$$

où

q est le débit respiratoire, en millilitres par seconde, d'une personne;

t est la durée, en secondes, d'exposition d'une personne;

m_x est la masse échantillonnée, en milligrammes;

q_x est le débit d'échantillonnage, en millilitres par seconde;

t_s est la durée d'échantillonnage, en secondes.

4.4.2 L'adoption de conventions définies concernant le dépôt stimulera le développement des instruments que ce soit pour le mesurage de la distribution granulométrique des particules (par le biais de classificateurs par taille des particules) ou pour des dispositifs de prélèvement dédiés spécialement aux conventions portant sur le dépôt (voir par exemple les Références [6] à [12]).

5 Suppositions et approximations

5.1 De nombreuses approximations entrent en jeu dans l'établissement de conventions de prélèvement destinées à imiter le dépôt de particules au sein des voies respiratoires. Elles peuvent être récapitulées de 5.2 à 5.6.

5.2 Les conventions de prélèvement données ici sont les moyennes d'un ensemble représentatif de caractéristiques respiratoires (voir Tableau 1).

5.3 Les particules qui atteignent les alvéoles sans pour autant s'y déposer retraversent la région supérieure des voies respiratoires lors de l'expiration et peuvent s'y déposer.

NOTE Dans le cas d'un nuage de particules assez petites pour éviter le dépôt par impact ou par gravité dans les voies respiratoires, le dépôt peut être significatif dans la région extra-thoracique, avec le mouvement brownien, aussi bien pendant l'expiration que pendant l'inhalation.

5.4 L'effet du changement de diamètre des particules hygroscopiques dû à l'accumulation d'eau durant leur séjour dans les voies respiratoires, bien que significatif par exemple pour le dépôt de sels solubles et de brouillards acides, n'est pas couvert par le domaine d'application de la présente Norme internationale.

5.5 L'effet de la charge de la particule n'est pas pris en considération.

5.6 Le modèle de dépôt ICRP (voir Référence [3]) estime la probabilité nette de capture des particules pour chaque région des voies respiratoires comme étant la racine de la somme des carrés résiduels (SCR) des sous-probabilités thermodynamiques et aérodynamiques. La SCR est équivalente à une simple somme sauf pour la zone de chevauchement de 0,1 µm à 1,0 µm, où le dépôt par impact, le dépôt par sédimentation et le dépôt par diffusion sont inefficaces. Il est problématique d'appliquer la combinaison non linéaire des probabilités de dépôt à un dispositif de prélèvement. Par conséquent, la présente Norme internationale adopte une approximation purement linéaire. L'Annexe A fournit un moyen de réduire le manque d'exactitude dans la zone de chevauchement en adaptant les combinaisons linéaires des conventions de prélèvement en fonction de l'approximation SCR (voir Référence [13] pour de plus amples détails).

6 Conventions de prélèvement concernant le dépôt

6.1 Comme dans l'EN 481 et l'ISO 7708, un petit ensemble de conventions de prélèvement est défini dans la présente Norme internationale plutôt que des modèles bruts (voir Référence [3]) impliquant un grand nombre de paramètres variables. L'objectif est de se concentrer sur les aspects pris en considération. En