

**SURVEILLANCE DES ZONES DE TRAVAIL**  
**EVALUATION DE L'EXPOSITION DES TRAVAILLEURS VIS-A-VIS D'UNE**  
**CONTAMINATION PARTICULAIRE**

**J. Vendel, S. Fauvel**

Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, DSU / SERAC, Laboratoire de Physique  
et de Métrologie des Aérosols, BP 68, 91192 Gif sur Yvette Cedex.

e-mail: jacques.vendel@irsn.fr

L'aérocontamination aux postes de travail représente un risque important pour la santé des travailleurs. L'arbre respiratoire est une des voies principales pour la pénétration des radionucléides dans le corps humain. Ainsi, l'inhalation d'aérosols radioactifs représente la principale source potentielle de nuisances pour la santé des travailleurs.

Le suivi de l'exposition des travailleurs, liée à l'inhalation de radionucléides, est un sujet qui revêt un intérêt tout particulier (Witschger 2000). Une des possibilités pour estimer la dose effective reçue est de réaliser des prélèvements afin de caractériser les aérosols radioactifs inhalés, puis d'introduire ces données dans le modèle respiratoire proposé par la directive CIPR 66 ou celle plus récente du NRCP 97. De plus, dans la publication du « Council Directive 96/29/Euratom », il est spécifié que les mesures résultant de prélèvements d'aérosols peuvent être utilisées pour déterminer la dose individuelle du travailleur lorsque le suivi biologique est impossible ou aboutit à des renseignements limités.

Pour déterminer la dose effective liée à l'inhalation de radionucléides à partir de prélèvements d'aérosols, deux données sont nécessaires : l'activité portée par les particules et leur distribution granulométrique.

Le système respiratoire peut se diviser en trois zones que sont : les voies aériennes supérieures, l'arbre trachéobronchique et la région alvéolaire. Sur la base de ce découpage de l'arbre respiratoire, dans le domaine de l'hygiène industrielle, le Comité Européen de Normalisation (CEN, 1993), l'International Organization for Standardization (ISO, 1995) et l'American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH, 1996) ont défini trois fractions d'un aérosol ambiant en relation avec leurs effets potentiels sur la santé : les fractions inhalable, thoracique et alvéolaire. Les différentes fractions pénétrantes en fonction du diamètre aérodynamique des particules sont données sur la Figure 1.

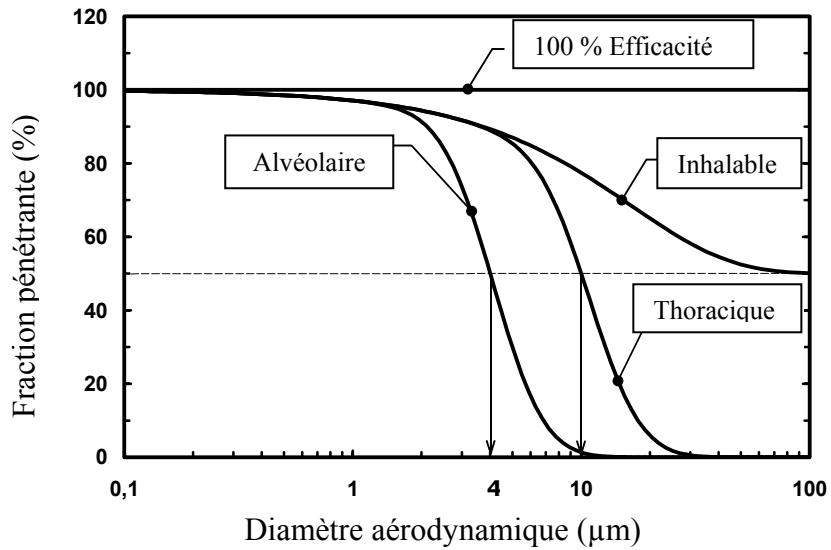


Figure 1 – Fractions pénétrantes admises par CEN, ISO et ACGIH

Le cadre de l'industrie nucléaire diffère du contexte général de l'hygiène industrielle pour deux raisons : le modèle proposé par la CIPR et l'objectif final qui est l'évaluation d'une dose effective.

Pour ce qui concerne le modèle de la CIPR, l'inhalation des particules et les mécanismes de transport et de dépôt sont déjà inclus dans le calcul ; cela signifie que la donnée d'entrée pour évaluer la dose doit être relative à l'aérosol total. Autrement dit, pour utiliser ce modèle, il faut être capable de réaliser un prélèvement d'aérosol avec une efficacité de 100 % quelle que soit la taille des particules considérées (cf. Figure 1). Un tel préleveur idéal n'existe pas bien sûr ; ainsi, pour un aérosol dont la distribution granulométrique est définie par son diamètre moyen,  $d_p$ , et son écart-type géométrique,  $\sigma_g$ , on doit définir un facteur correctif,  $K_i$ , qui relie la concentration,  $C_i$ , mesurée par un préleveur à la concentration réelle,  $C_r$ , soit :

$$C_r(d_p, \sigma_g) = K_i(d_p, \sigma_g) \cdot C_i(d_p, \sigma_g) \quad (1)$$

Le facteur  $K_i$  dépend de la distribution granulométrique de l'aérosol total et du type de préleveur (le préleveur  $i$  pouvant être adapté aux prélèvements des fractions inhalable, thoracique ou alvéolaire).

Ainsi, la dose effective vraie,  $D_{\text{eff.v}}$ , déterminée à partir d'un prélèvement d'aérosols est donnée par la relation suivante :

$$D_{\text{eff.v}} = \alpha(d_p, \sigma_g) \cdot K_i(d_p, \sigma_g) \cdot C_i(d_p, \sigma_g) \cdot Q \cdot t_e \quad (2)$$

$Q$  et  $t_e$  sont respectivement le débit de respiration du travailleur et le temps d'exposition,  $\alpha(dp, \sigma_g)$  est, pour un radionucléide donné, le coefficient de dose incorporée par inhalation. Ce coefficient est fonction, d'une part de la granulométrie du radionucléide, d'autre part de son comportement biologique.

Comme le montrent les relations 1 et 2, la détermination de la dose effective sur la base de prélèvements d'aérosols nécessite de bien connaître l'évolution des coefficients de dose en fonction de la granulométrie des particules, l'efficacité de collecte des préleveurs ou leur facteur correctif et les caractéristiques de l'aérosol total.

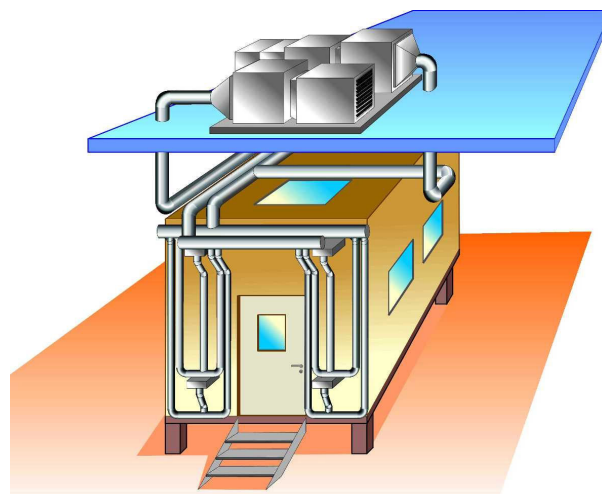
De plus l'objectif de déterminer la dose par prélèvement pose le problème de la stratégie de la surveillance : prélèvement à poste fixe ou prélèvement individuel ?

- Le prélèvement à poste fixe, réalisé à fort débit, permet de détecter des niveaux de contamination faibles, mais sa réponse dépend de son implantation dans le local et ne permet donc pas de remonter à une dose individuelle fiable.
- Le prélèvement individuel, porté en permanence par l'opérateur, conduit à un suivi de la dose incorporée par inhalation à condition bien sûr de bien connaître les performances du préleveur.

Afin d'apporter des éléments de réponse aux différentes incertitudes et interrogations soulignées dans l'approche précédente, l'IRSN s'est doté de moyens expérimentaux dans le but d'apporter des arguments quant aux choix des modes de surveillance à mettre en œuvre dans l'industrie nucléaire.

Pour étayer ces choix, l'installation CEPIA (Chambre d'Etudes sur les Préleveurs Individuels et d'Ambiance), Figure 2, a été conçue sur la base d'un volume de  $36 \text{ m}^3$ , munie d'une ventilation ; elle permet d'approcher des situations proches de celles rencontrées dans les installations et, dotée d'une instrumentation aérosol importante, elle permet de déterminer les caractéristiques de différents préleveurs.

Figure 2 - Vue schématique de l'installation CEPIA



Les études menées dans l'installation CEPIA portent principalement sur la représentativité d'un prélèvement individuel vis-à-vis du risque d'inhalation, sur le développement de dispositifs de prélèvements individuels dont l'efficacité d'échantillonnage est optimisée, sur la caractérisation des préleveurs individuels disponibles sur le marché et enfin sur la comparaison entre un prélèvement à poste fixe et un prélèvement individuel. L'ensemble de ce travail, couplé à des mesures in situ dans des installations ou des laboratoires représentatifs, permettra d'optimiser les stratégies de surveillance des opérateurs quant aux risques liés à l'inhalation de radionucléides.

### Références

ACGIH (1996). Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. *American Conference of Governmental Industrial Hygienists, ACGIH, Cincinnati, Ohio.*

CEN (1993). Workplace atmospheres: Size fraction definitions for measurements of airborne particles in the workplace. *CEN standard EN 481. CEN, Bruxelles, Belgium.*

Council Directive 96/29/Euratom (1996). Council of the European Union laying down basic safety standards for the protection of the health of workers and the general public against the dangers arising from ionising radiation. *Council Directive 96/29/Euratom of 13 May 1996.*

ICRP publication 66 (1994). International Commission on Radiological Protection: Human respiratory tract model for radiological protection. *Volume 24, Nos 1-3. Pergamon, Elsevier Science Ltd., Oxford.*

ISO (1995). Air quality - Particle size fraction definitions for health-related sampling. *International Organization for Standardization, ISO standard 7708, ISO, Geneva, Switzerland.*

NCRP (1997) report n°125. Deposition, retention and dosimetry of inhaled radioactive substances. *National Council on Radiation Protection and Measurements, Bethesda, MD.*

Witschger, O. (2000). Sampling of airborne dusts in workplace atmospheres. *Kerntechnik, 65, 28-33.*