

ECHANTILLONNAGE DES AEROSOLS DANS UN CONTEXTE DE RADIOPROTECTION : QUELLE TECHNIQUE DOIT ETRE PRIVILEGIEE ?

Olivier Witschger (1) et Jean-Pierre Degrange (2)

(1) Laboratoire de Métrologie des Aérosols
INRS, BP 27, 54501 Vandoeuvre Cedex.

(2) Centre d'étude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire,
CEPN, BP 48, 92263 Fontenay-aux-roses Cedex

Le choix de la technique d'échantillonnage des aérosols doit être fonction des objectifs pour lesquels les mesures sont envisagées. Dans le contexte général d'hygiène du travail, l'échantillonnage des aérosols est effectué le plus souvent pour estimer l'exposition des personnes concernées et comparer les concentrations mesurées à des valeurs limites professionnelles exprimées sous forme de valeurs temporelles moyennes de la concentration pour une fraction de prélèvement conventionnelle donnée. La Figure 1 montre les trois courbes conventionnelles utilisées en hygiène du travail. Le but de ces courbes est de servir de guide pour mesurer de manière réaliste l'exposition d'une personne, en fonction de la toxicité relative du contaminant déposé dans chaque région pulmonaire. Ces courbes servent également de référence pour les systèmes d'échantillonnage des aérosols en développement puisqu'elles constituent des spécifications cibles.

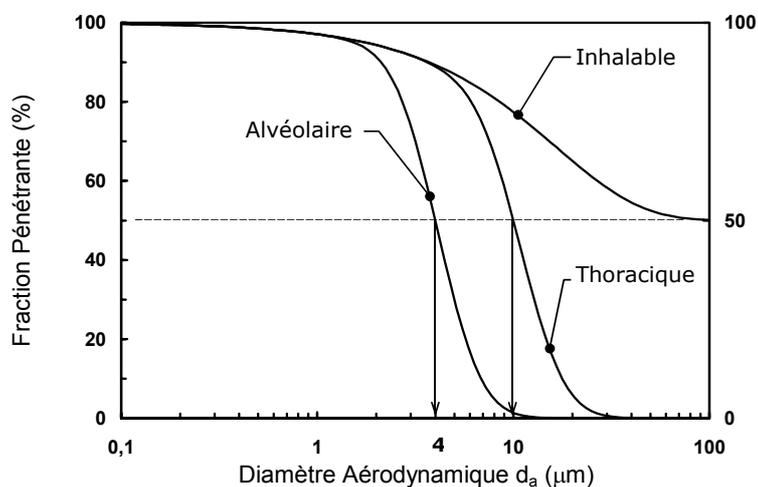


Figure 1 : Conventions inhalable, thoracique et alvéolaire, exprimées en pourcentage des particules totales en suspension dans l'air et en fonction du diamètre aérodynamique (NF EN 481, NF ISO 7708).

Dans un contexte de radioprotection, et plus particulièrement dans celui de l'exposition interne par inhalation à un aérosol radioactif, l'objectif de telles mesures d'échantillonnage est sensiblement différent puisque, au delà de l'estimation de l'exposition, elles visent à évaluer la dose efficace engagée (en Sv) reçue par la personne exposée. La Directive Européenne

96/29/Euratom (1996) a d'ailleurs autorisé l'utilisation des résultats d'échantillonnage d'aérosols sur le lieu de travail pour faire cette évaluation. La dose efficace engagée est définie, pour un radionucléide donné, comme le produit de l'activité incorporée par inhalation (en Bq) par un coefficient de dose (en Sv/Bq). L'activité incorporée par inhalation résulte directement d'une mesure d'activité volumique (en Bq/m³) effectuée par échantillonnage d'aérosols sur le lieu de travail. Le coefficient de dose est calculé à l'aide de modèles spécifiques (dépôt, transport et épuration pulmonaire; distribution, rétention, excrétion et irradiation) prenant en compte non seulement les données caractéristiques de la granulométrie de l'aérosol ambiant telles que le diamètre aérodynamique médian en activité (DAMA) et l'écart type géométrique (ETG), mais aussi les caractéristiques physico-chimiques du composé gouvernant la rapidité du transfert vers le sang du composé radioactif inhalé.

Dans ce contexte, une question importante est de savoir quelle technique d'échantillonnage d'aérosol est susceptible de minimiser, pour un composé radioactif donné, l'écart entre les doses efficaces engagées estimées et vraies. La réponse est complexe puisqu'elle dépend non seulement de la connaissance (et de l'éventuelle correction) de la performance d'échantillonnage de la technique choisie, mais aussi des données caractéristiques (mesurées ou considérées par défaut) de l'aérosol (DAMA, ETG, etc.) et de la relation liant le coefficient de dose à ces dernières données. La Figure 2 montre sous la forme d'un diagramme les différentes situations auxquelles on peut aboutir.

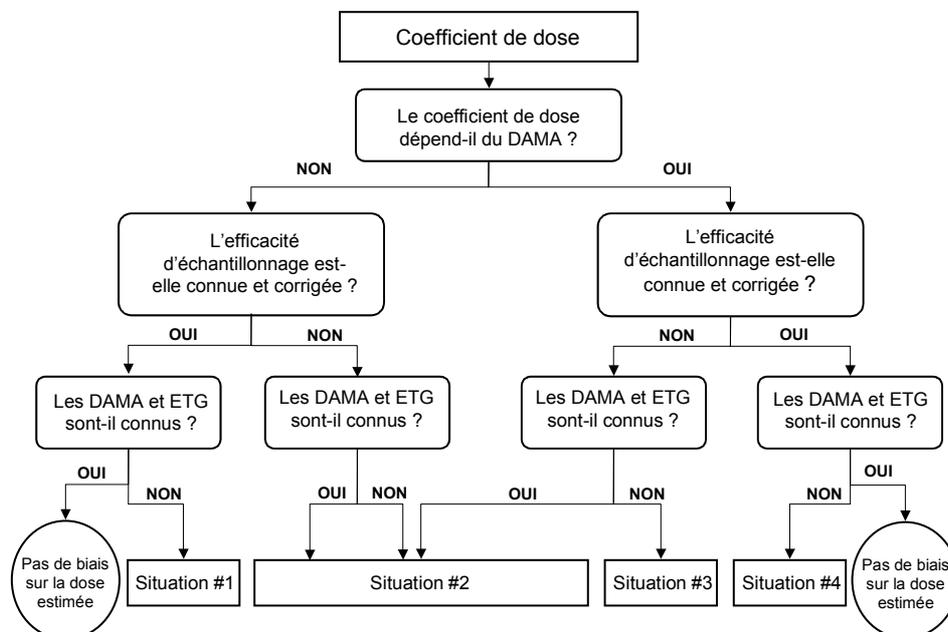


Figure 2 : Diagramme montrant les différentes situations à prendre en compte pour minimiser le biais entre les doses efficaces engagées estimée et vraie.

L'étude présentée vise à faciliter l'identification de la technique d'échantillonnage qu'il convient de privilégier selon les informations dont on dispose et les corrections que l'on souhaite prendre en compte. Afin d'illustrer cette analyse, des simulations ont été réalisées concernant

l'exposition par inhalation à deux aérosols radioactifs d' ^{234}U : le premier (U_{Fast}) caractérisé par une forte vitesse d'absorption vers le sang et dont le coefficient de dose varie faiblement avec le DAMA et le deuxième (U_{Slow}) caractérisé par une faible vitesse d'absorption vers le sang et dont le coefficient de dose varie fortement avec le DAMA. Trois techniques d'échantillonnages (supposées suivre parfaitement les conventions d'échantillonnage inhalable, thoracique et alvéolaire) ont été choisies. Quatre aérosols par défaut (DAMA = 1, 5, 10 et 20 μm et ETG = 2,5) ont été considérés. Le logiciel LUDEP 2.2 (Jarvis *et al.*, 1996) a été utilisé pour le calcul des coefficients de dose.

La Figure 3 montre, pour la situation #4 relative à l' U_{Fast} dont le coefficient de dose dépend peu du DAMA, le biais (écart relatif) en pourcentage entre la dose engagée estimée et vraie pour les quatre aérosols par défaut et les trois techniques d'échantillonnage suivant les courbes conventionnelles décrites sur la Figure 1. On voit que dans ce cas la technique d'échantillonnage à privilégier pour minimiser le biais par rapport à la dose vraie lorsque l'on ne connaît pas les caractéristiques réelles de granulométrie de l'aérosol susceptible d'être inhalé est la technique qui échantillonne suivant la convention inhalable, quelle que soit la valeur du DAMA de l'aérosol considérée par défaut.

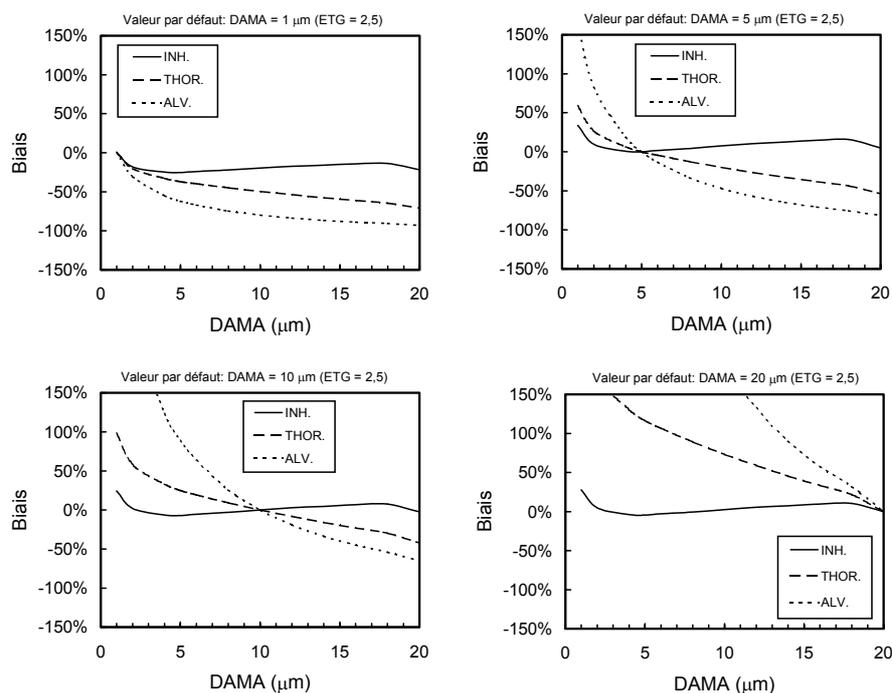


Figure 3 : Biais en pourcentage entre la dose efficace engagée estimée et vraie pour la situation #4 (U_{Fast}). Calculs effectués pour quatre aérosols par défaut et trois techniques d'échantillonnage suivant les courbes conventionnelles inhalable (INH.), thoracique (THOR.) et alvéolaire (ALV.).

Pour la même situation (#4), la Figure 4 montre le biais (écart relatif) entre la dose engagée estimée et vraie mais cette fois correspondant à l' U_{Slow} dont le coefficient de dose dépend fortement du DAMA. On voit que dans ce deuxième cas, la technique d'échantillonnage à

privilégier pour minimiser le biais par rapport à la dose vraie lorsque l'on ne connaît pas les caractéristiques réelles de granulométrie de l'aérosol susceptible d'être inhalé est maintenant la technique qui échantillonne suivant la convention thoracique, quelle que soit la valeur du DAMA de l'aérosol considérée par défaut.

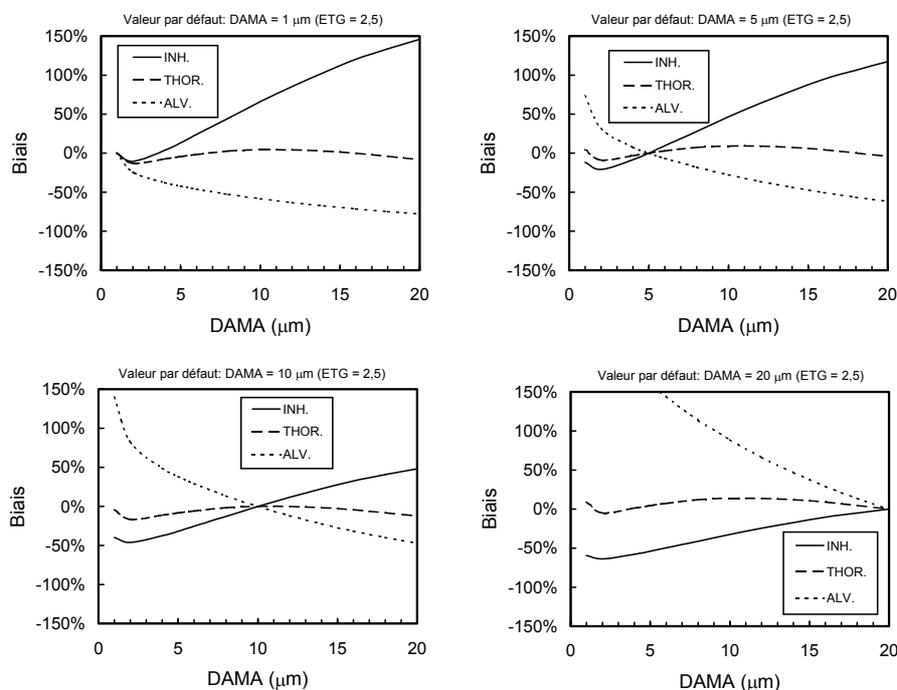


Figure 4 : Biais en pourcentage entre la dose efficace engagée estimée et vraie pour la situation #4 (U_{Slow}). Calculs effectués pour quatre aérosols par défaut et trois techniques d'échantillonnage suivant les courbes conventionnelles inhalable (INH.), thoracique (THOR.) et alvéolaire (ALV.).

Les résultats de ces simulations montrent clairement que selon les options considérées, la technique d'échantillonnage à privilégier est différente. La méthode présentée est applicable à toute situation d'exposition rencontrée¹.

Références

Directive 96/29/Euratom (1996) du conseil du 13 mai 1996 fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants. *Journal officiel des Communautés européennes L159, 29 juin 1996.*

Jarvis N.S., Birchall A., James, A.C., Bailey, M.R., Dorrian, M.D. (1996). LUDEP 2.0, Personal computer program for calculating internal doses using the ICRP publication 66 respiratory tract model. *NRPB-SR287, Chilton, NRPB.*

NF EN 481 (1993) Atmosphères des lieux de travail. Définition des fractions de taille pour le mesurage des particules en suspension dans l'air. AFNOR, Paris La Défense, novembre 1993.

NF ISO 7708 (1996) Qualité de l'air. Définitions des fractions de taille des particules pour l'échantillonnage lié aux problèmes de santé. AFNOR, Paris La Défense, mai 1996

¹ Cette étude a été partiellement financée par la Commission Européenne DG Recherche dans le cadre du 5^{ème} PCRD (Projet "Strategies and Methods for Optimisation of Internal Exposures")