

**ETUDE DE L'EXPOSITION INDUSTRIELLE A DES OXYDES  
D'URANIUM (UO<sub>2</sub> - U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)  
METHODES ET RESULTATS**

**E. Ansoborlo ; P. Bérard ; J. Chalabreysse ;  
M.H. Hengé-Napoli ; B. Quesne\***

CEA/Institut de Protection et de Sureté Nucléaire  
Département de Protection de la santé de l'Homme et de  
Dosimétrie  
Service d'Hygiène Industrielle.  
BP 38 - 26701 Pierrelatte France

\* COGEMA/Service de Médecine du Travail  
BP 16 - 26700 Pierrelatte France

**OCCUPATIONAL EXPOSURE TO URANIUM OXIDES (UO<sub>2</sub> - U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)  
METHODS AND RESULTS**

**ABSTRACT**

Chronic exposure to uranium compounds such as UO<sub>2</sub> and U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> led to the development of a methodology, based on the recommendation of ICRP, involving four main steps : the measurement of the uranium concentration and the particle size distribution at the workstation, the assessment of physico-chemical properties of the compound, the study of in-vitro solubility using a chemical test and the monitoring of workers.

Results and comments on UO<sub>2</sub> and U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> are given.

**INTRODUCTION**

Le but de cette étude est de décrire une méthodologie permettant d'évaluer les risques au poste de travail, de définir le comportement biologique des composés afin d'orienter la surveillance radiotoxicologique. Cette méthodologie appliquée aux composés UO<sub>2</sub> et U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> comporte quatre étapes :

- L'étude du poste de travail sur plusieurs jours, à l'aide de prélèvements individuels, en ambiance et de mesures de la distribution granulométrique afin d'évaluer le diamètre aérodynamique médian en activité ou DAMA et la déviation géométrique standard  $\sigma_g$ .
- La détermination des caractéristiques physico-chimiques des composés UO<sub>2</sub> et U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, comprenant la surface spécifique, l'identification par diffraction X et spectrométrie infra-rouge, la composition isotopique par spectrométrie de masse.
- L'étude de la solubilité chimique in-vitro à l'aide d'un test chimique décrit par Ansoborlo et Hengé-Napoli (1), permettant de déterminer la cinétique de dissolution, de calculer la période de chaque composé suivant la classification ICRP (2)

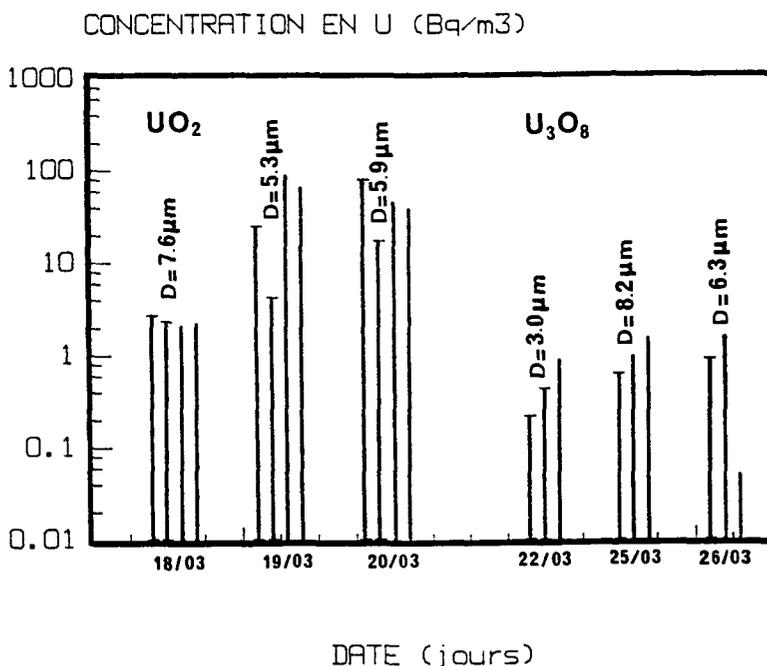
et de comprendre les mécanismes chimiques de dissolution. Le solvant est un liquide de culture cellulaire ou Gibco, tamponné à pH = 7,3, utilisé à 37°C sous 5 % de CO<sub>2</sub>. Pour ces essais la poussière est présélectionnée par sédimentation à un DAMA de 3 µm.

- La surveillance du personnel avec suivi des selles, des urines, le contrôle de la charge pulmonaire par anthropogammamétrie et éventuellement des prélèvements et analyses sur mouchoir.

## RESULTATS ET DISCUSSION

Les deux composés industriels étudiés UO<sub>2</sub> et U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> ont été prélevés sur un poste correspondant à un basculement de fut dans un container, impliquant donc une exposition du personnel, équipé en tenue spéciale avec port de masque.

Deux campagnes de prélèvement de trois jours chacune, correspondant aux deux composés UO<sub>2</sub> et U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> ont été réalisées, et les résultats sont présentés dans la figure 1 : la concentration en UO<sub>2</sub> varie entre 2,1 et 88,5 Bqm<sup>-3</sup> et celle d'U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> entre 0,05 et 1,6 Bqm<sup>-3</sup>.



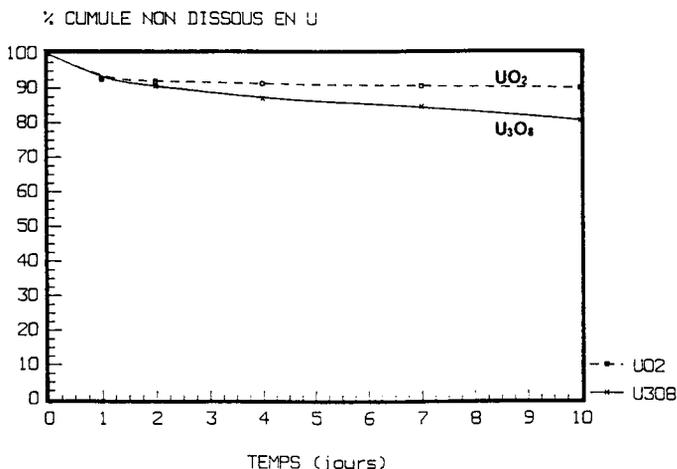
**Figure 1** = Mesures de concentrations en Uranium et de diamètre aérodynamique sur un poste de travail - Composés manipulés UO<sub>2</sub> et U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>.

Les concentrations en UO<sub>2</sub> sont supérieures à celles obtenues avec U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> d'un facteur 40. La mesure des DAMA varie de 5,3 µm

à 7,6  $\mu\text{m}$  avec  $\sigma\text{g}$  compris entre 2,1 et 2,5 pour  $\text{UO}_2$  et de 3  $\mu\text{m}$  à 8,2  $\mu\text{m}$  avec  $\sigma\text{g}$  compris entre 2,76 et  $>4$  pour  $\text{U}_3\text{O}_8$ . Les  $\sigma\text{g}$  supérieures à 2 traduisent des distributions hétérogènes et le calcul du DAMA moyen sur les 6 prélèvements soit  $6,1 \pm 1,6 \mu\text{m}$ , permet d'estimer, suivant le modèle ICRP (2), que 78 % des particules inhalées seront déposées au niveau du naso-pharynx.

L'étude des caractéristiques physico-chimiques à l'aide de spectres de Rayon X et d'infra-rouge solide a permis d'identifier les 2 composés  $\text{UO}_2$  et  $\text{U}_3\text{O}_8$  sans trace d'impuretés. Leur composition isotopique correspond à celle de l'uranium naturel. La mesure des surfaces spécifiques a donné  $4,3 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  pour  $\text{UO}_2$  et  $5,9 \text{ m}^2\text{g}^{-1}$  pour  $\text{U}_3\text{O}_8$ , surfaces relativement faibles.

La figure 2 représente les résultats obtenus lors des essais de solubilité chimique en milieu Gibco. Notons une solubilisation toujours importante le premier jour correspondant à une phase rapide de dissolution, suivie d'une deuxième phase beaucoup plus lente ; l' $\text{U}_3\text{O}_8$  se dissout à raison de 7,5 % en 1 jour et 92,5 en 51,8 jours, et l' $\text{UO}_2$  à raison de 7,4 % en 1 jour et 92,6 % en 212 jours. Si la phase rapide est identique, la deuxième phase est très différente et implique une classification de type W pour  $\text{U}_3\text{O}_8$  et de type Y pour  $\text{UO}_2$ .



**Figure n° 2** : cinétique de dissolution des composés  $\text{UO}_2$  et  $\text{U}_3\text{O}_8$  en milieu de culture cellulaire Gibco.

La classification ainsi déterminée in-vitro et la valeur moyenne de 6  $\mu\text{m}$  pour le DAMA, permettent de calculer à partir du modèle ICRP des limites de concentrations admissibles dans l'air ou LDCA, propres à chacun des composés étudiés : ainsi pour  $\text{U}_3\text{O}_8$  (92,5 % classe W) la LDCA calculée en uranium naturel est de  $36 \text{ Bq m}^{-3}$  et pour  $\text{UO}_2$  (92,6 % Classe Y) la LDCA est de  $2 \text{ Bq m}^{-3}$ .

Dans ces conditions nous pouvons considérer sur la figure I que l'exposition à  $\text{U}_3\text{O}_8$  donne des valeurs inférieures à la LDCA de

36 Bqm<sup>-3</sup>, alors que pour UO<sub>2</sub> la LDCA de 2 Bqm<sup>-3</sup> est dépassée. Les résultats d'analyses urinaires, sur mouchoirs et en anthropogammamétrie sur une période de 2 mois et qui ne correspondent pas uniquement à l'exposition des deux composés étudiés, sont inférieurs aux valeurs limites de détection, soit : (5 à 6 mBq.g<sup>-1</sup> de créatinine) pour les urines, 40 mBq pour les mouchoirs et 150 Bq pour l'anthropogammamétrie. Toutefois, il est intéressant de noter que la valeur moyenne obtenue par analyse des selles (12 personnes), durant la même période est de 357 mBq par 24 h pour des valeurs très dispersées allant de 20 à 850 mBq par 24 h (la valeur moyenne d'une population non exposée est de 20 à 70 mBq par 24h). Ce résultat est très difficile à corréliser avec l'exposition observée, dans la mesure où il ne correspond pas à une exposition unique, mais à une exposition sur 2 mois à différents postes et sur différents composés allant de l'uranium naturel à l'uranium de retraitement.

### CONCLUSION

La méthodologie d'étude d'un poste de travail décrite pour deux composés UO<sub>2</sub> et U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> met en évidence l'importance de la connaissance de deux paramètres essentiels, à savoir le DAMA et la classe de transférabilité, d'une part pour calculer une LDCA propre à chaque composé et d'autre part pour orienter la surveillance radiotoxicologique.

Les variations importantes de concentrations mesurées au poste de travail semblent liés au mode de travail des personnes : l'expérience montre que des équipes postées, travaillant sur un même produit, entraînent des valeurs très différentes de concentration dans l'air. La corrélation difficile entre les valeurs de concentration mesurées et les résultats de mesure dans les excréta ou par anthropogammamétrie, vient du fait que les travailleurs sont équipés de protections efficaces et qu'ils changent souvent de poste et de composé.

Ces observations mettent donc en évidence l'intérêt de la connaissance de tous les postes et composés utilisés dans un même atelier afin de bien orienter la surveillance radiotoxicologique.

Cette étude a permis, à partir de résultats au poste de travail, de calculer des LDCA de 36 Bqm<sup>-3</sup> pour U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> et de 2 Bqm<sup>-3</sup> pour UO<sub>2</sub>.

### BIBLIOGRAPHIE

- (1) ANSOBORLO, E., HENGE-NAPOLI, M.H., 1990, In vitro chemical and cellular test applied to uranium trioxide with different hydration states. Eulep International Symposium, Oxford UK 19-21 september 1990.
- (2) ICRP 1979, International Commission on Radiological Protection. Publication 30 - Limits for intake of radionuclides by workers - part 1 and 4 (Pergamon Press, Oxford)