

SURVEILLANCE RADIOTOXICOLOGIQUE DU PERSONNEL DE L'USINE  
DE SEPARATION DES ISOTOPES DE L'URANIUM DE PIERRELATTE =  
METHODES ET RESULTATS

J. CHALABREYSSE

Institut de Protection et Sécurité Nucléaire - Département de Protection  
Laboratoire de Surveillance des Nuisances de l'Homme et de son Environnement  
Commissariat à l'Energie Atomique B.P. n° 38 - 26/00 PIERRELATTE

Le procédé de séparation des isotopes de l'Uranium utilisé en France à PIERRELATTE, repose sur le principe de la diffusion gazeuse = passage d'un composé gazeux, l'hexafluorure d'uranium, à travers une paroi poreuse. La vitesse de passage pour les molécules légères d' $^{235}\text{UF}_6$  et de  $^{234}\text{UF}_6$  étant plus grande que pour  $^{238}\text{UF}_6$  il s'ensuit un effet séparatif.

En répétant cette opération un très grand nombre de fois, on parvient à enrichir le flux gazeux en son isotope  $^{235}\text{U}$  et également  $^{234}\text{U}$  : on obtient ainsi l'uranium enrichi.

#### I. COMPOSES D'URANIUM AUXQUELS SONT EXPOSES LES TRAVAILLEURS

Dans une usine de séparation des isotopes d'uranium, telle que celle de PIERRELATTE, on rencontre des composés de nature chimique et de compositions isotopiques très différentes, ce qui complique notablement la surveillance des travailleurs. L'enrichissement de l'uranium en son isotope  $^{235}\text{U}$  s'accompagne d'un enrichissement plus important en  $^{234}\text{U}$ . L'uranium naturel de départ dont la composition en masse était de 99,28 % pour  $^{238}\text{U}$ , de 0,72 % pour  $^{235}\text{U}$  et de 0,0056 % pour  $^{234}\text{U}$  s'enrichit donc au fur et à mesure que le flux gazeux progresse dans les étages de diffuseurs en  $^{235}\text{U}$  et  $^{234}\text{U}$ . Il s'ensuit une variation relative de l'activité massique de mélanges isotopiques de teneur croissante en  $^{235}\text{U}$  et  $^{234}\text{U}$  : l'activité correspondant à une masse donnée est d'autant plus importante que le taux d'enrichissement est plus élevé. C'est ainsi que lorsque l'enrichissement de l'uranium est supérieur à 90 % exprimé en  $^{235}\text{U}$ , l'activité alpha est environ 100 fois celle de l'uranium naturel mais plus de 96 % de cette activité est due à  $^{234}\text{U}$  dont la proportion pondérale est d'environ 1 %.

D'un point de vue chimique, les principaux composés d'uranium rencontrés dans une usine telle que celle de PIERRELATTE sont l'hexafluorure et son produit de décomposition l'oxyfluorure d'uranium, le nitrate et le carbonate d'uranyle, les peruranates, le tétrafluorure et les oxydes d'uranium.

Les composés qui sont les plus susceptibles d'être ingérés ou inhalés sont l'hexafluorure (sous forme de gaz), l'oxyfluorure (sous forme de poudre ou d'aérosol soluble), le tétrafluorure et les oxydes (sous forme de poudre ou d'aérosol insoluble).

#### 2. METHODES DE SURVEILLANCE RADIOTOXICOLOGIQUE DU PERSONNEL

La surveillance radiotoxicologique du personnel de l'usine de PIERRELATTE met en oeuvre différents procédés :

- . mesure de l'excrétion de l'uranium dans les prélèvements biologiques (urines, selles) ;
- . évaluation de la contamination localisée au niveau de la poitrine.

##### 2.1. Contrôle des excréta

La mesure de l'uranium présent dans les échantillons biologiques s'effectue selon deux procédés techniques :

. fluorimétrie selon la méthode classique par fusion des sels d'uranyle avec du fluorure de sodium et de carbonate de sodium.

Cette technique est utilisée pour l'uranium naturel ou au stade faiblement enrichi (jusqu'à 5 à 8 %). La sensibilité de la méthode pour les urines est de 5 µg/l.

. comptage alpha pour l'uranium enrichi à un stade supérieur à 5 à 8 % en <sup>235</sup>U. En effet la méthode fluorimétrique n'est plus sensible. Nous avons mis au point à PIERRELATTE une méthode originale dont le principe est le suivant :  
- séparation préalable de l'uranium des autres composés ou éléments gênants pour le comptage, par une résine échangeuse d'ions, liquide, l'Amberlite LA 2 (N-Lauryl - N - Trialkyl méthylamine). On utilise le complexe anionique UO<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub> qui se forme lorsque l'ion uranyle est en milieu HCl 5 à 9 N, ce qui permet de séparer l'uranium des alcalins et alcalino terreux. Le procédé mis au point à PIERRELATTE évite l'habituelle et longue minéralisation des urines, mettant en jeu de grandes quantités d'acide difficilement utilisable en grande série.  
- mesure de la radioactivité alpha à l'aide d'appareils, passeurs automatiques d'échantillons (ionisation avec circulation argon-méthane).  
La sensibilité de la méthode pour les urines est de 10 pCi pour un comptage de 50 minutes pour une prise d'essai de 100 ml. Pour connaître la composition isotopique de l'uranium trouvé dans un prélèvement biologique, nous effectuons une analyse spectrométrique du rayonnement alpha émis par l'uranium. Au préalable, nous séparons l'uranium par passage sur résine liquide suivie d'une électrodéposition. Par ce procédé nous pouvons apprécier l'enrichissement de l'uranium trouvé jusqu'à un taux de l'ordre de 40 % en <sup>235</sup>U. Au-delà l'imprécision est trop grande.

## 2.2 Mesure de la radioactivité au niveau de la poitrine

L'évaluation de la contamination en uranium localisée au niveau de la poitrine s'effectue à PIERRELATTE dans une chambre en plomb de faible activité. La cellule mesure 3 mètres de longueur, 2 mètres de hauteur et 1,50 m de largeur avec une sur largeur de 0,50 m au niveau de l'emplacement du détecteur. L'installation est opérationnelle depuis 1969. Sa sensibilité est d'environ 0,5 à 0,8 Q.M.A.

## 3. ORGANISATION DES CONTROLES RADIOTOXICOLOGIQUES

On effectue systématiquement des prélèvements d'urine sur les lieux mêmes du travail des agents : selon une fréquence définie en fonction du risque, nous faisons établir par l'ordinateur du Centre de PIERRELATTE une convocation pour prélèvement d'urine par l'agent. On pratique des contrôles d'équipe de travailleurs, c'est-à-dire que l'on convoque le personnel par roulement en désignant des individus dans des équipes différentes. Cette attitude s'est révélée parfaitement justifiée avec l'expérience. Un flacon pour le recueil des urines est mis à la disposition de l'agent sur les lieux de son travail. L'individu doit fournir un volume d'urine d'environ 200 ml : il ne s'agit donc pas du recueil de la totalité des urines de 24 heures ; on procède ainsi par sondages sur l'ensemble du personnel. A la date limite précisée sur la convocation, les flacons d'urine sont ramassés par des agents du laboratoire. On ne tient pas compte de l'horaire de prélèvement des urines. On ne reconvoque pas les agents qui n'ont pas répondu à leur convocation. Il s'agit d'un contrôle ou d'un sondage par zone de travail. Les examens ne sont pas obligatoires. On considère qu'environ 30 à 35 % des agents ne répondent pas à leur convocation. Si l'examen systématique s'avère positif on déclenche un contrôle approfondi qui est équivalent à celui que l'on effectue après un incident.

Dans le cas d'un incident, le plus souvent par inhalation, on effectue le dosage de l'uranium dans l'échantillon d'urines recueillies immédiatement après l'inhalation, les urines de 24 heures suivant l'inhalation, les selles des 72 heures et éventuellement une mesure de la radioactivité localisée au niveau de la poitrine.

#### 4. RESULTATS

##### 4.1 Surveillance systématique

D'emblée on peut dire qu'il n'a jamais été mis en évidence de contamination interne due à l'uranium, décelable par mesure de la radioactivité au niveau du poumon.

On décèle de temps en temps des urines dites positives au cours des examens systématiques. Elles proviennent d'agents affectés à des postes de travail pour la récupération et l'élaboration du métal uranium enrichi. Les valeurs mesurées sont toujours inférieures aux limites maximales admissibles et ne nécessitent pas d'éviction de poste ou de mise au repos.

Il ne s'agit pas, en fait, d'une contamination chronique à bas niveau, mais plutôt de petits incidents qui sont inaperçus, et que seuls les examens d'urines permettent de mettre en évidence.

##### 4.2 Surveillance après incident

Un incident, que l'on peut qualifier d'historique, s'est produit en 1965 dans l'usine pilote du Centre de PIERRELATTE. Cet incident n'a eu heureusement aucune conséquence fâcheuse pour le personnel. Celui-ci était alors en service de jour, et bien qu'il n'y ait pas eu d'agents sérieusement atteints, il a été décidé, afin de parfaire nos connaissances dans le domaine de la protection, de contrôler un nombre très large de personnes. Cette méthode avait eu outre l'avantage d'éviter qu'il y eut par hasard un individu non contrôlé et susceptible à l'extrême limite d'avoir été intoxiqué.

Le composé d'uranium était l'hexafluorure d'uranium naturel.

- . 115 personnes furent directement exposées
- . 323 personnes étaient dans les parages de l'incident
- . 396 personnes participèrent à la décontamination des locaux ou du matériel.

Les nombreux contrôles opérés sur ce nombre relativement élevé d'agents ont permis l'établissement de statistiques intéressantes sur l'élimination de l'uranium inhalé par certaines personnes à des doses légères.

Cet incident est rapporté en détail par ailleurs (1) (2)

#### 5. CONCLUSION

En conclusion générale on peut dire :

. qu'une surveillance radiotoxicologique très serrée et très sévère est effectuée sur le complexe industriel de PIERRELATTE. Cette surveillance est adaptée aux postes de travail c'est-à-dire aux risques existant réellement pour le travailleur ; la périodicité des contrôles est fonction du risque.

que cette surveillance bien codifiée et bien organisée est fort bien acceptée du personnel qui collabore fort efficacement avec les équipes du laboratoire.

Dans un complexe industriel tel que celui de PIERRELATTE, et, bientôt, celui du Tricastin, cette surveillance radiotoxicologique se complique du fait de l'existence de mélanges de compositions isotopiques différentes et de nature chimique variée.

. que la technologie et la conception des installations assurent une très bonne prévention : le C.E.A. a su comprendre et résoudre des problèmes liés à l'hygiène du travail, ce qui a permis le développement de l'énergie nucléaire, car, en définitive, pour toutes les questions d'hygiène, de sécurité, de nuisances professionnelles il faut faire sien le vieil adage : "Mieux vaut prévenir que guérir".

La surveillance radiotoxicologique, telle qu'elle est conçue à PIERRELATTE, et d'une façon générale au C.E.A., est un élément des plus nécessaires et des plus fondamentalement utiles à cette prévention.

#### REFERENCES

- (1) J. CHALABREYSSE "Etude et résultats d'examens effectués à la suite d'une inhalation de composés dits solubles d'uranium naturel", Radioprotection (1970) 5 1, 1-17
- (2) J. CHALABREYSSE "Etude et résultats d'examens effectués à la suite d'une inhalation de composés dits solubles d'uranium naturel", Radioprotection (1970) 5 4, 305-310