

23. UNE ETUDE D'OPTIMISATION DE LA PROTECTION RADIOLOGIQUE DANS UNE USINE DE RAFFINAGE DE MINERAI D'URANIUM

J.P. Degrange*, D. Basire, L. Vaillant***

* Centre d'Etude sur l'Evaluation de la Protection dans le domaine Nucléaire (CEPN),
B.P. 48, 92263 Fontenay-aux-Roses-Cedex, France

** Société pour la conversion de l'uranium en métal et hexafluorure (COMURHEX),
Usine de MALVESI, BP 222, 11102 Narbonne-Cedex, France

INTRODUCTION

L'usine COMURHEX de Malvesi, située près de Narbonne, effectue la conversion de concentrés d'uranium naturel (uranates et oxydes U_3O_8) en UF_4 au travers des étapes successives d'échantillonnage, dissolution, précipitation, réduction et fluoration. Une étude d'optimisation de la protection radiologique a été menée dans cette usine au cours des cinq dernières années afin de mieux connaître l'exposition interne des travailleurs, d'identifier les sources principales d'exposition, et de rechercher, sélectionner et mettre en oeuvre les options de radioprotection les plus coût-efficaces.

Une première étude des expositions externes et internes a montré que la dose collective des 170 travailleurs de l'installation s'élevait en 1995 à 350 h.mSv, soit une dose individuelle annuelle de 2 mSv/an, provenant à 70% des expositions externes. Les expositions internes avaient été alors estimées sur la base, d'une part, des données d'activité volumique moyenne journalière fournies par 26 préleveurs d'air à poste fixe répartis dans les différents ateliers de l'installation et, d'autre part, d'une estimation du temps annuel moyen passé par chaque opérateur aux différents postes de travail, ainsi que des coefficients de dose de la CIPR 68 [1] les plus adaptés à la solubilité (modérée pour les uranates, lente pour les oxydes) et à la granulométrie (DAMA de $5 \mu m$) des composés considérés.

Une étude plus approfondie de ces résultats a permis d'établir que les travailleurs de la station d'échantillonnage (contrôle de qualité des concentrés) étaient les plus exposés. En effet, si 60% des travailleurs étaient exposés à une dose individuelle annuelle inférieure à 2 mSv, et la plupart à moins de 5 mSv, les 6 travailleurs de cette station étaient quatre fois plus exposés que la moyenne et recevaient 12% de la dose collective de l'installation, pour des doses individuelles annuelles de 6 à 12 mSv/an. De plus, l'exposition interne de ces travailleurs était sept fois plus élevée que la moyenne et représentait 25% de la dose collective interne de l'installation, pour des doses individuelles annuelles de 1,5 à 6 mSv/an.

De plus, les doses individuelles annuelles estimées à partir des excréta urinaires allaient de 10 à 40 mSv/an alors que les doses estimées à partir des comptages pulmonaires – toutes en-dessous de la limite de détection – étaient néanmoins compatibles avec des doses individuelles annuelles pouvant

atteindre 50 mSv/an¹. Ces résultats montraient que les estimations de dose effectuées à l'aide de prélèvement d'air collectif pouvaient éventuellement sous-estimer les doses annuelles internes.

Les résultats de cette première étude ont conduit à poursuivre les efforts pour mieux estimer et étudier les principales caractéristiques de l'exposition des travailleurs de la station d'échantillonnage, afin d'identifier d'éventuelles actions correctives et optimiser la protection radiologique de ces travailleurs.

ADEQUATION DES METHODES DE MESURE A L'OPTIMISATION DE LA PROTECTION RADIOLOGIQUE

Une étude menée en 1997 (voir référence [5] pour plus de détails) a comparé de façon théorique l'adéquation de différentes méthodes d'estimation de dose (prélèvement d'air collectif et individuel, mesures des excréta urinaires et de l'activité pulmonaire) aux besoins de l'optimisation de la protection radiologique (réalisme, sensibilité et capacité d'analyse des expositions) dans le cas de l'exposition par inhalation aux composés d'uranium naturel.

Cette étude a montré que : les méthodes de prélèvement d'air collectif étaient un bon moyen de première identification des sources principales de contamination et des opérateurs les plus exposés ; les préleveurs d'air individuels – et particulièrement ceux dotés d'un fort débit de prélèvement – étaient les mieux adaptés à l'estimation des doses individuelles ainsi qu'à l'identification des tâches les plus pénalisantes ; que les mesures d'excréta urinaires étaient un moyen intéressant de valider les estimations d'exposition individuelles réalisées à partir des méthodes de prélèvement d'air ; que l'optimisation de la protection radiologique dans un tel contexte devrait être réalisée par l'utilisation conjointe de ces méthodes de mesure complémentaires.

ANALYSE DES EXPOSITIONS ET COMPARAISON DES METHODES DE MESURE

Des campagnes de mesure ont donc été réalisées en 1997 et 1998 à la station d'échantillonnage dans le but d'identifier, à l'aide de préleveurs d'air fixes et individuels, les opérations qui contribuaient le plus à l'exposition des travailleurs ainsi que de confirmer, dans cette situation particulière, quelle méthode de prélèvement était la plus adaptée à l'estimation analytique (tâche par tâche) des doses individuelles en vue de l'optimisation de la protection.

Les travailleurs de la station d'échantillonnage prélèvent systématiquement un échantillon de chaque lot de fûts de concentré minier afin d'analyser leur teneur en uranium et en impuretés. Les étapes successives de l'échantillonnage sont : la dépalettisation automatisée des fûts ; le décerclage manuel du fût (poste de décerclage) ; les étapes (entièrement automatisées et confinées) d'enlèvement du

¹ Estimations effectuées à l'aide des modèles de la CIPR 66 [2], 54 [3] et 68 [1] et du code LUDEP 2.0 [4] pour des composés d'uranium insolubles et de DAMA 5 µm.

couvercle, de vidange du fût, d'échantillonnage primaire (1%) et secondaire (1%) du contenu ; les étapes (automatisées) de remplissage du fût et de repose du couvercle (poste de remplissage) ; le recerclage manuel des fûts (poste de recerclage) ; la palettisation automatisée des fûts ; l'enlèvement manuel des échantillons secondaires (poste d'échantillonnage secondaire) et la préparation finale des échantillons (broyage et calcination) au laboratoire.

Estimation des expositions par tâche par prélèvement d'air collectif

La détermination des expositions par tâche par prélèvement d'air collectif a été réalisée en mesurant pendant deux mois (mai et juin 1997) de façon quotidienne l'activité volumique moyenne à chaque poste de travail (à l'aide des préleveurs à poste fixe (notés ci-après PF)) et le temps d'opération à ce poste (à l'aide de préleveurs individuels (notés ci-après PI) alloués à chaque poste et portés à la ceinture). Ces mesures ont montré que les postes de travail contribuant le plus aux expositions étaient les postes de recerclage (54%) et de décerclage (18%) (fonction plate-forme) et les postes de laboratoire (14%) et d'échantillonnage secondaire (8%) (fonction laboratoire). Elles ont également permis de noter que les postes de la fonction plate-forme, qui représentaient seulement la moitié (51%) du temps d'opération, contribuaient à plus des trois-quarts (77%) de l'exposition.

Estimation de expositions par tâche par prélèvement d'air individuel

La comparaison des résultats de ces calculs d'exposition avec ceux réalisés uniquement à l'aide des préleveurs d'air individuels a montré que ces dernières conduisaient à un classement identique des postes de travail (86% de l'exposition pour les postes de décerclage et de recerclage et 14% pour le poste d'échantillonnage), qui étaient les trois seuls postes de travail pour lesquels l'activité mensuelle intégrée par PI était supérieure à la limite de détection.

Cependant, les expositions mensuelles estimées à ces trois postes de travail² à l'aide des PI ont été trouvées supérieures d'un facteur 30 à 100 (45 à 70 pour les deux mois combinés) aux expositions estimées à ces mêmes postes à l'aide des PF. En conséquence, les doses individuelles annuelles correspondant à l'exposition mesurée pendant ces deux mois correspondaient respectivement à 0,43 mSv/an et 16 mSv/an suivant qu'elles étaient calculées à l'aide des PF ou des PI.

La suite de cette étude a essayé de déterminer les raisons des différences significatives entre ces deux mesures d'exposition, en cherchant à établir si ces différences résultaient : de l'existence de pics de contamination au cours des opérations (dont la contribution serait bien prise en compte par les PI mais sous-estimée par les la valeur moyenne journalière des PF) ; de la présence d'un biais systématique

² Estimations réalisées à l'aide de facteurs de dose dérivés de ceux de la CIPR 68 [1] à l'aide du code LUDEP 2.0 [4] pour des composés d'uranium insolubles et de DAMA 10µm.

dans les mesures d'activité volumiques effectuées par l'une ou l'autre de ces méthodes ; de la différence de position de prélèvement (distance et hauteur) des deux types de préleveurs par rapport aux sources potentielles de contamination.

Existence de pics de contamination.

Cette étude a montré (voir référence [6] pour plus de détails) une corrélation positive entre les concentrations journalières moyennes au poste de recerclage et le temps passé à ce poste, conduisant à postuler l'existence de pics de contamination au cours des opérations de recerclage des fûts, sans toutefois permettre de décider s'ils provenaient de ces opérations ou bien du poste voisin de remplissage automatique des fûts. Néanmoins, une nouvelle estimation des expositions à ce poste à l'aide de PF effectuée par simple multiplication de l'activité volumique journalière moyenne par le temps total de prélèvement journalier restait inférieure d'un facteur 10 à celle réalisée à l'aide des PI.

Existence de biais de mesure systématique

Des mesures ont été réalisées (en décembre 1997 et Mars 1998) afin de comparer les activités volumiques mensuelles accumulées huit heures par jour par un PF et un PI situés à moins de 30 cm l'un de l'autre. Cette comparaison a montré des différences allant jusqu'à un facteur trois (d'un côté ou de l'autre) entre les deux estimations, conduit à écarter l'hypothèse d'une surestimation systématique des mesures d'activité volumique des PI par rapport à celles des PF et suggéré l'existence de forts gradients d'activité volumique pouvant expliquer en partie la variabilité des résultats observée.

Importance du type de préleveur individuel et de la position de prélèvement

Enfin, l'importance du type de préleveur individuel et de la position de prélèvement par rapport aux sources potentielles de contamination a été évaluée (en mars 1998) en comparant les résultats mensuels d'un PI (fixé à la ceinture) avec ceux d'un autre préleveur individuel à haut débit de prélèvement (noté PIHD ci-après) dont le point de prélèvement était très proche de la bouche de l'opérateur. Les résultats de cette comparaison ont montré qu'aussi bien au poste de recerclage qu'au poste d'échantillonnage secondaire, les résultats du PIHD dépassaient ceux du PI d'un facteur deux et ont conduit à considérer comme acceptable – dans ces conditions – la précision des mesures par PI.

L'ensemble de ces mesures a permis : d'établir que les expositions déduites des prélèvements d'air collectif étaient largement sous-estimées ; d'identifier le poste de travail le plus exposé (recerclage des fûts échantillonnés) et de quantifier sa contribution substantielle (plus de la moitié) à l'exposition des travailleurs de la station; de postuler l'existence à ce poste - au cours des opérations de recerclage - de pics de contamination pouvant provenir des fûts en cours de remplissage ou des fûts en cours de recerclage ; à étayer la décision de protéger (par modification des trémies et semi-confinement) le poste de remplissage des fûts.

ANALYSE DES EXPOSITIONS APRES MODIFICATION DU POSTE DE REMPLISSAGE

Une nouvelle campagne de mesures a été effectuée (en octobre et novembre 2001) afin de quantifier la réduction des expositions apportée par la protection du poste de remplissage et de juger de l'opportunité de mettre en œuvre des actions de protection supplémentaires. Cette campagne a été réalisée à l'aide de PIHD portés pendant l'ensemble des opérations de plate-forme et de PIHD actionnés uniquement pendant les opérations de décerclage et de recerclage.

Impact de la protection du poste de remplissage

Ces mesures ont montré que la protection du poste de remplissage avait réduit de façon très significative l'exposition annuelle des travailleurs de la fonction plate-forme. En effet, l'exposition annuelle sur la plate-forme estimée en 1997 avant protection à 13,5 mSv/an par les PI (soit environ 7 mSv/an si les mesures avaient été effectuées à l'aide de PIHD) a été estimée à 1,2 mSv/an à l'aide des PIHD, soit une réduction de près d'un facteur 6. De plus, la contribution relative des postes de décerclage et de recerclage à l'exposition a fortement diminué et ne représente plus que 42% de l'exposition de la fonction plate-forme.

Cependant, aucune différence significative n'a été observée au poste de recerclage entre les activités volumiques journalières moyennes mesurées par les PF avant et après modification du poste de remplissage ; aucune différence significative n'a été non plus observée entre les activités volumiques journalières moyennes mesurées à ce même poste par les PF et les PIHD. Ces deux observations peuvent être interprétées en formulant l'hypothèse que le semi-confinement du poste de remplissage n'a conduit qu'à un simple ralentissement de la diffusion de la contamination du poste de remplissage vers le poste de recerclage, provoquant une diminution de l'intensité des pics d'activité volumique au poste de recerclage, sans modifier la valeur moyenne journalière de l'activité volumique à ce poste.

Impact de la qualité des fûts

Enfin, l'étude de la variation des expositions individuelles mesurées par les PIHD en fonction de la qualité des fûts recerclés a montré que si pour des fûts de bonne qualité, les postes de décerclage et de recerclage n'étaient responsables que du tiers de l'exposition (33% de l'exposition pour 40% du temps d'opération), ces postes contribuaient à près des deux-tiers de l'exposition (69% de l'exposition pour 36% du temps d'exposition) dans le cas où la partie supérieure des fûts était suffisamment endommagée pour gêner les opérations de décerclage et de recerclage.

L'ensemble de ces constatations a confirmé l'intérêt des modifications apportées au poste de remplissage et conduit à décider la mise en œuvre de deux actions de protection complémentaires : la modification du poste de dépalettisation afin de limiter la déformation des fûts; la modification du poste de recerclage par l'installation de systèmes d'appui hydraulique du couvercle et d'aspiration afin

d'en améliorer l'ergonomie et de limiter les possibilités de dégagement de contamination lors du recerclage.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude d'optimisation réalisée a permis de montrer l'intérêt des mesures journalières d'exposition par préleveur d'air individuel à haut débit pour l'identification des tâches les plus pénalisantes, la sélection des actions de protection et la quantification *a posteriori* de leur efficacité. L'identification des sources principales de contamination et la compréhension de la dynamique des phénomènes de contamination restent toutefois un exercice difficile et des campagnes de mesure récentes se sont intéressées à l'éventuel intérêt de l'utilisation à cet effet d'appareils de mesure en temps réel de l'activité volumique (balises) ou du nombre de particules (compteurs optiques).

L'étude présentée ci-dessus fait par ailleurs partie des quatre études de cas retenues dans le projet SMOPIE ("Strategies and Methods for Optimisation of Internal Exposure of workers from industrial sources") financé par la DG Recherche de la Commission Européenne, dont les résultats seront publiés à la fin de l'année 2003.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier B. Gibert, médecin du travail à l'initiative de cette étude, ainsi que le personnel du site de COMURHEX Malvési pour son soutien lors des mesures de prélèvement d'air.

REFERENCES

- [1] CIPR 68, Dose Coefficients for Intakes of Radionuclides by Workers, Publication 68, *Replacement of ICRP Publication 61*, Pergamon Press, Oxford, 1994.
- [2] CIPR 66, Human Respiratory Tract Model for Radiological Protection, Publication 66, Pergamon Press, Oxford, 1994.
- [3] CIPR 54, Individual Monitoring for Intakes of Radionuclides by Workers: Design and Interpretation Publication 54, Pergamon Press, Oxford, 1988.
- [4] Jarvis N.S., Birchall A., LUDEP 1.0, a personal computer program to implement the new ICRP respiratory tract model, Intakes of radionuclides: Detection, assessment and limitation of occupational exposure, 13-17 September 1993, Bath, England, 1993.
- [5] J.P Degrange, B. Gibert, D. Basire, Suitability of monitoring methods for the optimisation of radiological protection in the case of internal exposure through inhalation, in : Proceedings of IRPA 10, Hiroshima, Japan, 14-19 Mai 2000, P-3a-165, 10p.
- [6] J.P Degrange, B. Gibert, D. Basire, A radiological protection study in a French uranium refinement plant, in : 'Managing Internal Exposure', 3rd European ALARA Network Workshop, Neuheuberg, Germany, 15-18 Novembre 1999, 10p.