

Thèses remarquées

Étude épidémiologique des travailleurs exposés au risque d'incorporation d'uranium.

I. Guseva Canu, Thèse soutenue le 29 septembre, École doctorale n° 393 « Santé publique et sciences de l'information biomédicale », spécialité Épidémiologie, Université Pierre et Marie Curie, Paris-VI. Thèse codirigée par Élisabeth Cardis (CIRC, Lyon et CREAL, Barcelone) et Margot Tirmarche (IRSN, Fontenay-aux-Roses).

Réalisée dans le laboratoire d'épidémiologie de l'IRSN, cette thèse constitue une étude-pilote des travailleurs du cycle du combustible nucléaire à risque d'exposition interne aux rayonnements alpha. L'exposition interne résultant de l'incorporation des composés uranifères lors de la conversion et l'enrichissement de l'uranium a été étudiée au sein de l'établissement AREVA-NC de Pierrelatte.

Une matrice emplois expositions semi-quantitative, spécifique de cet établissement a été élaborée. Elle permet de calculer les scores individuels de l'exposition cumulée à l'uranium et 16 autres catégories d'agents d'exposition pour 2709 travailleurs de l'établissement sur la période 1960-2006. L'analyse des données de l'exposition multiple a révélé de nombreuses corrélations entre l'exposition à l'uranium et les expositions associées : l'exposition à l'amiante, les fibres céramiques réfractaires, le trichloréthylène, etc. Le suivi de mortalité effectué sur la période 1968-2005, a montré une augmentation de la mortalité par cancer de la plèvre, du rectum et par lymphome non Hodgkinien, comparée aux taux de mortalité nationaux et régionaux. Les résultats d'analyse de la relation entre l'exposition et la mortalité suggèrent une augmentation du risque de mortalité par cancer du poumon chez les travailleurs exposés aux composés uranifères faiblement solubles aussi bien à base d'uranium naturel que d'uranium de retraitement. Néanmoins, ce résultat est non statistiquement significatif et fondé sur un nombre de décès observés faible.

Les résultats de cette étude sont concordants avec les données de la littérature. Les études expérimentales de la biocinétique et du mécanisme d'action des oxydes d'uranium faiblement solubles fournissent des éléments en faveur de la plausibilité biologique de l'augmentation du risque de cancer du poumon lié à l'exposition. La prise en compte des expositions associées dans les analyses et l'examen partiel des données du tabagisme permettent de réduire l'éventuel biais de confusion. Néanmoins, la puissance de cette étude est faible et ne permet pas de conclure sur l'existence d'une association entre la mortalité par cancer et l'exposition à l'uranium.

Cette étude montre l'intérêt et la faisabilité de l'étude épidémiologique des travailleurs à risque d'incorporation d'uranium et d'autres radioéléments émetteurs du rayonnement alpha au niveau national. Elle met en évidence l'importance de l'évaluation de l'exposition à des agents cancérigènes associés et sa prise en compte dans les analyses, notamment lorsque le risque de cancer est étudié. De façon plus générale, cette étude apporte des éléments

THÈSES REMARQUÉES

supplémentaires concernant l'hypothèse de l'effet cancérigène de l'exposition chronique à l'uranium et aux rayonnements alpha chez l'homme.

Pour en savoir plus

- Guseva Canu I., Dupree Ellis E., Tirmarche M. (2008) Cancer risk in nuclear workers occupationally exposed to uranium. Emphasis on internal exposure, *Health Phys.* **94**(1),1-17.
- Guseva Canu I., Molina G., Goldberg M., Collomb P., Perez P., Davide J.C., Paquet F., Tirmarche M. (2008) Construction d'une matrice emplois-expositions pour le suivi épidémiologique des travailleurs de l'industrie nucléaire en France. Résultats d'une étude-pilote, *Revue d'Épidémiologie et de Santé Publique* **1**(56), 21-29.
- Guseva Canu I., Paquet F., Goldberg M., Auriol B., Bérard P., Collomb P., David J.-C., Molina G., Perez P., Tirmarche M. (2008) Comparative assessing for radiological, chemical, and physical exposures at the French uranium conversion plant: Is uranium the only stressor? *Int. J. Hyg. Environm. Health*, DOI:10.1016/j.ijheh.2008.09.002.

Étude de l'influence de la biocinétique des radionucléides sur la mesure anthroporadiométrique à l'aide de fantômes numériques voxélisés. S. Lamart.

Thèse de doctorat de l'université Paris-XI, UFR scientifique d'Orsay, soutenue le 13 octobre 2008, laboratoire d'accueil IRSN/DRPH/SDI, Laboratoire d'évaluation de la dose interne, sous la direction de recherche de D. Franck.

L'anthroporadiométrie, ou mesure *in vivo*, est une méthode de choix pour l'estimation de la rétention d'activité en cas de contamination interne. Cependant elle reste actuellement limitée par l'utilisation de fantômes physiques d'étalonnage ne permettant pas de reproduire fidèlement la morphologie de la personne mesurée, ni la distribution réelle de la contamination. Il en résulte des incertitudes systématiques significatives sur la quantification de la contamination. Pour améliorer la mesure *in vivo*, le Laboratoire d'évaluation de la dose interne (LEDI, IRSN), a développé, via le logiciel OEDIPE, une méthode d'étalonnage numérique originale basée sur des fantômes voxélisés construits à partir d'images médicales de personnes et sur le code Monte Carlo MCNPX de transport des particules. La première version d'OEDIPE a permis de modéliser des sources homogènes simples et de mieux estimer, en mesure pulmonaire des actinides, les incertitudes systématiques liées au positionnement et à la distribution hétérogène de l'activité dans les poumons. Cependant elle ne permettait pas de prendre en compte la distribution dynamique et souvent hétérogène de l'activité entre les différents organes et tissus. Or l'efficacité du système de détection dépend de la distribution de la source d'activité. L'objectif essentiel du travail de thèse est donc de répondre à la question suivante : quelle est l'influence de la biocinétique des radionucléides sur la mesure *in vivo* ?

Pour y répondre, il est apparu nécessaire de modifier OEDIPE de manière approfondie. Ce nouveau développement a permis de modéliser la source d'activité de façon plus réaliste à partir de modèles biocinétiques de référence établies par la CIPR. La première partie du travail a consisté à développer les outils numériques nécessaires à l'intégration de la biocinétique dans le modèle de source d'OEDIPE. Puis une méthodologie a été développée pour quantifier son influence sur la mesure *in vivo* à partir de résultats de simulations.

THÈSES REMARQUÉES

Cette méthode a été mise en œuvre et validée sur le modèle de l'installation à quatre détecteurs germanium du LEDI. Enfin, la procédure a été appliquée à l'installation de mesure *in vivo* du secteur analyses médicales du centre AREVA-NC de La Hague et à un cas réel de contamination. Ce travail a permis d'étudier et de quantifier la connaissance partielle de la distribution corporelle de l'activité comme une source supplémentaire d'incertitude systématique dans la mesure *in vivo*. Des écarts de l'ordre de 50 % ont été mis en évidence dans l'estimation de la rétention d'activité par la mesure pulmonaire de la raie à 59,54 keV de l'Am-241 dans les premiers jours après l'incorporation. La méthode développée sera utilisée au secteur analyses médicales d'AREVA-NC La Hague et pourra être appliquée dans les autres laboratoires de mesure des travailleurs du nucléaire pour corriger les coefficients d'étalonnage en fonction de la biocinétique des radionucléides. En réduisant l'incertitude systématique associée, ce travail permettra d'améliorer l'estimation de la dose résultant d'une contamination interne.

Pour en savoir plus

- Franck D., de Carlan L., Pierrat N., Broggio D., Lamart S. (2007) *OEDIPE: a new graphical user interface for fast construction of numerical phantoms and MCNP calculations*, *Radiat. Prot. Dosim.* **127**(1-4), 262-265.
- Lamart S., de Carlan L., Blanchardon E., Franck D. (2007) Automatic application of ICRP biokinetic models in voxel phantoms for in vivo counting and internal dose assessment, *Radiat. Prot. Dosim.* **127**(1-4), 240-244.
- Lamart S., Pierrat N., Rateau S., Rouit E., de Carlan L., Dudoignon N., Bottlaender M., Van der Meeren A., Franck D. (2007) Application of voxel phantoms to study the influence of the heterogeneous distribution of actinides in lungs on in vivo counting using animal experiments, *Radioprotection* **42**(1), 75-86.
- Lamart S., de Carlan L., Blanchardon E., Franck D. (2008) Développements apportés au logiciel OEDIPE de simulation de mesures anthroporadiométriques pour la prise en compte des données biocinétiques dans la modélisation de la contamination interne, *Radioprotection* **43**(2), 213-223.
- Lamart S., Robert C., Blanchardon E., Molokanov A., Lechaftois X., Broggio D., Desbrée A., Franck D. (2008) OEDIPE: software for fast construction of computational phantoms and MCNPX calculation in internal dosimetry, *Nuclear Technology*, sous presse.