

## **IMPACT DE LA PRISE EN COMPTE DE LA CONTAMINATION INTERNE DANS L'ANALYSE DE LA MORTALITÉ ASSOCIÉE À UNE EXPOSITION CHRONIQUE EXTERNE AUX RAYONNEMENTS IONISANTS DANS LA COHORTE FRANÇAISE DES TRAVAILLEURS DU NUCLÉAIRE**

**Lucie Fournier<sup>1</sup>, Olivier Laurent<sup>1</sup>, Eric Samson<sup>1</sup>, Sylvaine Caër-Lorho<sup>1</sup>, Pierre Laroche<sup>2</sup>, Bernard Le Guen<sup>3</sup>, Dominique Laurier<sup>1</sup>, Klervi Leuraud<sup>1</sup>**

1. Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire, Fontenay-aux-roses
2. Areva, Paris
3. EDF, Saint-denis

### Contexte

La cohorte française des travailleurs du nucléaire CEA-AREVA-EDF, suivie par le laboratoire d'épidémiologie de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN), a été constituée afin d'étudier les effets sanitaires d'une exposition chronique à de faibles doses de rayonnements ionisants (RI). L'étude de cette cohorte a permis d'estimer des coefficients de risque de cancer en association à une exposition externe aux RI, principalement X et gamma. Cependant, une partie des travailleurs a également pu être exposée à une contamination interne à divers radionucléides (uranium, plutonium, cobalt...) au cours de leur carrière. Or, des études épidémiologiques ont mis en évidence une augmentation du risque de cancer pulmonaire associé à une contamination au plutonium et montré que la prise en compte de la contamination interne pouvait affecter l'estimation du risque sanitaire lié à une exposition externe aux RI. Cette étude a pour objectif d'évaluer l'impact de la prise en compte d'informations sur la contamination interne potentielle dans l'analyse de la mortalité par cancer solide associée à une exposition externe aux RI chez les travailleurs du nucléaire français.

### Matériels et méthodes

La cohorte française des travailleurs du nucléaire inclut les travailleurs du CEA, d'AREVA NC et d'EDF salariés de ces entreprises au moins un an entre 1950 et 1994 et ayant porté un dosimètre. L'exposition externe annuelle des travailleurs a été reconstituée sur l'ensemble de leur carrière. Les statuts vitaux et les causes de décès ont été obtenus auprès des registres nationaux. Le suivi de mortalité s'étend de 1968 à 2004. En l'absence d'information individuelle sur la contamination interne pour l'ensemble des individus de la cohorte, un indicateur de contamination interne potentielle basé sur une matrice « installations-exposition » a été créé a posteriori, en s'appuyant sur l'expertise de médecins du travail, de travailleurs retraités et de spécialistes en radioprotection. Cet indicateur intègre également l'information sur des cas avérés de contamination basée sur les résultats d'analyses radio-toxicologiques lorsqu'ils étaient disponibles. Cet indicateur définit quatre niveaux pour un potentiel de contamination interne (impossible, possible, avérée, inconnu). La mortalité au sein de la cohorte a été comparée à celle de la population française en calculant des rapports de mortalité standardisés (SMR) pour chaque niveau de l'indicateur. La relation exposition-risque entre exposition externe aux RI et mortalité par cancer a par ailleurs été estimée, en ajustant le modèle sur l'indicateur de contamination interne potentielle. L'analyse repose sur un modèle linéaire en excès de risque relatif, stratifié sur le sexe, l'âge en classes de cinq ans, la période calendaire ([1968-1973[, [1973-1978[, ..., [1993-1998[, [1998-2004[)], la catégorie socio-professionnelle, la durée d'emploi ( $\leq 20$  ans et  $\geq 20$  ans) et l'entreprise, dont les paramètres ont été estimés par une régression de Poisson.

## Résultats

La cohorte comporte 59 004 individus ayant cumulé près de 1,5 millions de personnes-années. La dose cumulée moyenne due aux rayonnements X ou gamma est de 16 mSv. A la fin du suivi, 10 % des individus étaient décédés (6,310) dont 2,551 par cancer. Près de 68 % des personnes-années ont été cumulées dans le niveau définissant une absence de contamination interne. Le niveau « contamination avérée » n'inclut que 3 % des personnes-années de la cohorte. On observe un effet du travailleur sain global dans la cohorte avec un déficit de mortalité toutes causes de 41 % par rapport à la population générale française. Le déficit de cancer solide est de 32 %. Ce déficit de mortalité a tendance à diminuer lorsque le risque potentiel de contamination interne augmente. L'ajustement sur la contamination interne potentielle ne semble pas modifier l'estimation de l'ERR/Sv pour les cancers solides. L'ERR/Sv passe de 0,32 (IC à 90 % : -0.58–1.35) dans le modèle sans ajustement sur la contamination interne potentielle à 0,21 (IC à 90 % : -0.68–1.23) pour le modèle avec ajustement sur la contamination interne potentielle.

## Conclusion

Cette étude est la première à prendre en compte le risque de contamination interne dans les analyses portant sur la relation dose-réponse entre l'exposition externe aux RI et le risque de cancer solide dans la cohorte française des travailleurs du nucléaire. Les résultats suggèrent que l'ajustement sur la contamination interne potentielle ne modifie pas de façon significative l'ERR de cancer solide associé à une exposition externe aux RI. L'absence de données individuelles exhaustives sur la contamination interne représente une limite pour ces analyses. L'utilisation d'une matrice installation-exposition ne permet que d'identifier de façon imprécise les individus potentiellement à risque pour la contamination interne et ne fournit pas d'information permettant de quantifier la dose en cas de contamination avérée. Cette étude permet une première approche de la prise en compte de la contamination interne dans l'analyse des risques radio-induits chez les travailleurs du nucléaire français. Une nouvelle cohorte de travailleurs (TRACY, pour travailleurs du cycle) est actuellement en cours de constitution par le Laboratoire d'épidémiologie de l'IRSN. Elle inclut 12,000 travailleurs potentiellement exposés à l'uranium et repose sur une reconstitution individuelle et exhaustive des multi-expositions des individus (exposition externe aux RI, contamination interne, contraintes physiques, polluants chimiques, facteurs de risque individuels...). Cette nouvelle étude permettra d'étudier plus finement les risques radio-induits chez les travailleurs de l'industrie nucléaire exposés par voie interne.