

LE SUIVI DE MORTALITE DES TRAVAILLEURS DE L'INDUSTRIE NUCLEAIRE BRITANNIQUE : UNE NOUVELLE ESTIMATION DU FACTEUR DE RISQUE CANCEROGENE DU RAYONNEMENT.

Les premiers résultats d'une étude de mortalité portant sur plus de 95 000 travailleurs de l'industrie britannique ont été publiés en janvier 1992 par le National Radiological Protection Board (organisme chargé de conseiller le gouvernement sur les problèmes de radioprotection).

L'étude montre une augmentation statistiquement significative de la mortalité par leucémies en fonction de la dose reçue (leucémie lymphoïde chronique exclue). Pour les cancers dans leur ensemble l'association est également positive entre l'excès de morts et la dose sans toutefois être statistiquement significative au stade actuel de l'étude.

Il a été tenu compte de l'«effet du travailleur en bonne santé» (the «healthy worker effect») et des temps de latence (2 ans pour la leucémie, 10 ans pour les autres cancers). La dose moyenne cumulée est faible : 33, 6 mSv (3, 36 rem).

Les facteurs de risque trouvés sont sensiblement 2 fois plus élevés que ceux pris en compte par la CIPR en novembre 1990 lorsqu'elle a recommandé de diminuer les limites de dose annuelles des travailleurs.

L'irradiation des travailleurs par exposition chronique à faibles doses apparaît donc aussi dangereuse à dose cumulée égale que l'exposition unique en un temps très court (cas des survivants d'Hiroshima et Nagasaki) et 2 fois plus dangereuse que ne l'a admis la CIPR en 1990.

Néanmoins le NRPB juge inopportun sur la base de cette étude de rediminuer les nouvelles limites de dose en alléguant que les marges d'erreur sur les facteurs de risque sont grandes et incluent les valeurs recommandées par la CIPR en 1990.

Les autorités responsables de la radioprotection du Royaume Uni, le National Radiological Protection Board (NRPB), ont publié au début de l'année les résultats d'une étude menée sur la mortalité des travailleurs de l'industrie nucléaire sous la forme d'un volumineux rapport du NRPB [1] et d'une synthèse publiée dans le British Medical Journal [2].

Nous ne ferons ici qu'une brève analyse de ces importantes publications.

L'étude a commencé en 1976 par l'établissement d'un Registre National groupant les informations relatives aux travailleurs sous rayonnement (National Registry for Radiation Workers, NRRW). La cohorte de cette première analyse regroupe les travailleurs dépendant du Ministère de la Défense, les travailleurs du secteur de la fabrication des combustibles nucléaires, des centres de recherche, de l'industrie électronucléaire [3].

Pour chaque travailleur sont enregistrées 24 informations concernant son identification civile et professionnelle, la dosimétrie externe, la contamination interne et les incidents radiologiques éventuels.

L'enregistrement de 1976 a été effectué sur la base du volontariat : 1304 travailleurs ont refusé de faire partie du registre NRRW.

Les publications de janvier 1992 donnent les résultats préliminaires du suivi de mortalité jusqu'au 31 décembre 1988. L'étude doit se continuer pour accroître la durée du suivi (jusqu'au 31 décembre 1990) et pour augmenter la cohorte. La prochaine publication est prévue pour 1994.

QUELQUES INDICATIONS SUR LES DONNEES

- Nombre de personnes suivies : 95 217 (87 522 hommes et 7 695 femmes) représentant 1 218 000 personnes X années
- Date de naissance médiane : 1944
- Début du suivi : à partir de 1955 et variable selon l'établissement. (Les données antérieures à 1955 n'ont pas été jugées fiables)
- Dose collective : 3 198 homme x sievert (319 800 homme x rem)
La dose due aux neutrons est faible, estimée à environ 50 homme x Sievert
- Dose externe moyenne : 33, 6 mSv (3, 36 rem)
 - 36, 8 mSv (3, 68 rem) pour les ouvriers
 - 30, 3 mSv (3, 03 rem) pour les non ouvriers
 - 36, 0 mSv (3, 60 rem) pour les hommes
 - 6, 1 mSv (0, 61rem) pour les femmes(Pour l'instant il n'a pas été tenu compte de la dose d'irradiation par contamination interne. Les 13 663 travailleurs contrôlés pour contamination interne ont reçu une dose externe supérieure à la moyenne, 47 mSv)
- Répartition sociale

ouvriers	59,0 %
non ouvriers	37, 1 %
non spécifiés	3, 9 %

- Bilan de mortalité au 31 décembre 1988

vivants	86 636
décédés	6 660 (7, 1 %)
émigrés	1 850
perdus de vue	69

Parmi les 6 612 morts certifiés en décembre 1988 il y a 1 828 morts par cancers.

Le rapport du NRPB comporte 102 pages dont 33 pages de tableaux numériques fournissant l'essentiel des données de base et des résultats.

LES RESULTATS

Kendall et al, les auteurs de l'article du British Medical Journal, soulignent dans l'introduction l'importance de leur étude pour la détermination du facteur de risque cancérogène du rayonnement :

«Les estimations du risque des rayonnements ionisants reposent essentiellement sur les résultats observés sur les survivants japonais des bombes atomiques et sur les gens irradiés pour des raisons médicales. Ces groupes fournissent des informations sur les risques des irradiations par de fortes doses délivrées à fort débit de dose. Il y a peu de résultats sur les effets de doses plus faibles délivrées à des débits de dose caractéristiques des irradiations professionnelles. Pour mettre en évidence ces effets, le National Radiological Protection Board, après une large consultation de l'industrie nucléaire et les autres groupes intéressés, a mis en place le «National Registry for Radiological Workers» (Registre National des travailleurs sous rayonnement), afin de pouvoir suivre les individus chez leurs divers employeurs».

Nous avons montré dans d'autres articles concernant les normes de radioprotection combien ce point est important. C'est à partir de l'hypothèse d'un effet spécifique lié aux faibles doses de rayonnement délivrées à faible débit de dose que la CIPR a introduit un

coefficient (DDREF : Dose, Dose Rate Reduction Efficiency Factor) pour réduire d'un facteur 2 le facteur de risque observé chez les survivants japonais. Les experts français auraient préféré que la CIPR adoptât un facteur de réduction de 10 ce qui dans les faits revenait à considérer que les faibles doses ne comportaient quasiment aucun danger.

Les auteurs de l'article du NRPB font remarquer que ces facteurs de réduction n'étaient fondés sur aucune étude empirique.

1- L'effet du travailleur en bonne santé.

Cet effet («healthy worker effect») est clairement mis en évidence. La mortalité générale et celle par cancer sont plus faibles chez les travailleurs de l'énergie nucléaire que dans la population générale. Ce point est maintenant considéré comme une banalité. Il y a encore une dizaine d'années il n'en n'était rien et les études n'en tenaient pas compte. On prenait souvent argument de ce fait pour affirmer que l'industrie nucléaire loin d'être dangereuse, était bénéfique pour la santé des travailleurs. Les responsables français n'étaient pas les derniers à utiliser ce genre d'argument.

Rappelons ici, car c'est largement oublié aujourd'hui, que c'est vers la fin des années 70 que l'effet du travailleur en bonne santé fut mis en évidence et analysé par l'équipe Mancuso, Stewart et Kneale au cours de leur étude sur le suivi de mortalité des travailleurs de l'usine nucléaire américaine de Hanford [3]. Cela posait de façon aiguë le problème de la population de référence qu'il fallait utiliser pour détecter d'éventuelles anomalies de mortalité parmi les travailleurs. Dans les industries à risque il y a une sélection à l'embauche sur des critères médicaux ou très rapidement par élimination aux postes de travail pénibles des travailleurs ayant une trop mauvaise santé pour supporter les contraintes imposées par les conditions de travail. Disons tout de suite que cette notion n'a pas encore pénétré à l'IPSN (Institut de Protection et de Sécurité Nucléaire) car les études qui y sont produites n'en tiennent guère compte.

Pour éviter le biais que peut introduire cet effet du travailleur en bonne santé, le NRPB a effectué, comme autrefois Mancuso, Stewart et Kneale, une analyse interne à la cohorte, c'est à dire une étude détaillée de mortalité en fonction des niveaux de dose reçue. Ainsi on peut supposer que les travailleurs ayant reçu des doses très faibles ou nulles servent en fait de référence interne en supposant que l'efficacité du tri sanitaire a été la même pour eux que pour le reste de la cohorte. Cependant cette référence interne est traitée d'une façon qui est loin d'être évidente dans les deux publications sur les travailleurs du Royaume Uni.

Pour l'instant il n'est tenu compte que des doses externes.

2 - Le problème des temps de latence.

Le suivi des survivants japonais a montré que les leucémies radioinduites ne s'exprimaient qu'après un temps de latence supérieur à 2 ans et que pour les tumeurs solides ce temps de latence était supérieur à 10 ans. La prise en compte des personnes ayant commencé à être irradiées à une date assez rapprochée de celle de leur décès peut introduire un biais. C'est pourquoi les auteurs complètent leur étude en éliminant de la cohorte des individus qui, a priori, compte tenu du moment de leur irradiation initiale, ne peuvent pas développer de leucémie radioinduite (période de latence 2 ans) ou de tumeurs solides (période de 10 ans). De même, dans l'analyse interne, les doses cumulées avant le décès ne sont pas comptabilisées sur une période de 2 ans pour les leucémies et sur 10 ans pour les autres cancers.

3 - L'étude met en évidence un excès de mortalité par leucémies lié à la dose de rayonnement.

Au stade actuel de l'étude cet excès est statistiquement significatif. Les leucémies lymphoïdes chroniques (LLC) ont été traitées à part car leur induction est considérée comme peu sensible au rayonnement.

L'augmentation, en fonction de la dose, du taux de décès par leucémies (sans les LLC) correspond à un excès de décès par rapport au nombre attendu (excès du risque relatif) de **430 % par Sievert ($4,3 \text{ Sv}^{-1}$)**. Le facteur de risque sur la vie qui en résulte est alors de **0,76 % par Sievert ($0,76 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$)**, **2 fois supérieur à celui pris en compte par la CIPR ($0,4 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$)**. Il est très voisin de celui déduit de l'étude des survivants japonais avant l'utilisation des coefficients de réduction.

Pour les myélomes multiples, l'excès de risque relatif est de 687 % par Sievert ($6,87 \text{ Sv}^{-1}$) avec une précision voisine de la significativité statistique à 5 %.

4 - L'étude met en évidence un excès de mortalité par tumeurs solides lié à la dose de rayonnement.

Il y a une corrélation positive entre la mortalité par tumeurs solides et les doses reçues. L'excès du nombre de cancers observés par rapport au nombre attendu (excès de risque relatif) est de **47 % par Sievert ($0,47 \text{ Sv}^{-1}$)**. Il en résulte un facteur de risque sur la vie de **10 % par Sievert ($0,1 \text{ Sv}^{-1}$)** soit **2,5 fois** celui pris en compte par la CIPR en 1990, **4 % par Sievert ($4 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$)** pour les travailleurs. Ce facteur est voisin de celui trouvé chez les survivants japonais avant réduction par le coefficient DDREF. Mais pour les tumeurs solides, compte tenu des temps de latence assez longs, la durée du suivi est trop courte pour que les erreurs statistiques soient faibles. Le résultat est donc considéré comme non significatif statistiquement. Les barres d'erreur incluent la valeur choisie en 1990 par la CIPR ce qui, aux yeux du NRPB, justifie la non prise en compte de ce résultat nouveau pour établir les normes de radioprotection.

En clair, cette étude conduit à des facteurs de risque cancérigène du rayonnement voisins de ceux obtenus dans l'étude de mortalité des survivants d'Hiroshima et Nagasaki. L'utilisation par la CIPR (et par la plupart des experts en radioprotection) d'un facteur de réduction pour tenir compte de la différence des conditions d'irradiation n'est pas justifiée. **A dose cumulée égale, le fait d'irradier à faible débit de dose (chronique) ne réduit pas le risque par rapport à une irradiation rapide (aiguë). Le risque par unité de dose n'est pas plus petit aux faibles doses qu'aux fortes doses.**

Robert Clarke, le Directeur du NRPB, dans le communiqué qu'il a publié pour annoncer la sortie de cette étude termine par :

« Environ 95 % de la population étudiée est encore en vie. Par conséquent, pour atteindre une puissance statistique comparable à celle des données sur les survivants japonais des bombardements atomiques, il sera nécessaire d'effectuer un suivi sur une période beaucoup plus longue de la cohorte NRRW. Néanmoins, l'étude est importante. Elle ne fournit aucun appui à ceux qui accusent la CIPR de choisir d'une façon irréaliste une estimation de risque trop élevée. L'exposition professionnelle aux rayonnements conduit à des risques et les estimations courantes de ces risques utilisées pour les normes de radioprotection ne sont pas déraisonnables ».

Il semble bien que ces remarques visent les experts français.

Quelques commentaires

1 - Les cancers professionnels

En utilisant les facteurs de risque cancérigène du rayonnement qui découlent de cette étude et connaissant la dose collective de rayonnement reçue par cet ensemble de travailleurs, il est possible d'estimer le nombre de décès par cancers qui ont été radioinduits par l'activité professionnelle. On trouve une valeur voisine de 350. Les commentaires du responsable du NRPB ne donnent pas d'indication concernant une indemnisation des familles de ces victimes du travail.

A ne voir que l'aspect scientifique on évacue un problème qui a son importance. Des travailleurs de l'industrie nucléaire britannique ont été victimes de maladies professionnelles et les responsables n'ont pas été obligés de les indemniser. Il ne semble

pas que les Autorités ayant en charge la radioprotection des travailleurs aient l'intention d'intervenir pour obliger les responsables de ces décès à indemniser les familles. Bien sûr le problème est fort complexe car il n'est pas possible d'identifier les victimes mais ce qui est certain c'est qu'il y en a eu.

2 - L'effet du travailleur en bonne santé

D'après les résultats de l'étude du NRPB :

L'effet des contrôles de santé à l'embauche sur la réduction du taux de mortalité est très variable.

- Il dépend du sexe

- Il dépend de l'établissement. Pour les divers établissements de l'industrie nucléaire concernés par l'étude, le taux de mortalité rapporté à la mortalité nationale (le Standard Mortality Ratio SMR) varie de 98 % à 64 %.

- Il dépend de la catégorie sociale. La position dans la hiérarchie sociale joue aussi sur le taux de mortalité. Le haut de la hiérarchie a une mortalité moindre que celle du bas. Le rapport du NRPB indique une réduction de mortalité de 7 % pour les ouvriers par rapport à la mortalité nationale alors qu'elle est de 37 % pour les non ouvriers.

La réduction des taux de mortalité par rapport à la moyenne nationale est sensiblement la même pour les diverses causes de décès par maladies : 14 % pour l'ensemble des cancers, 16 % pour les autres maladies.

L'utilisation d'une cohorte hétérogène provenant de l'agglomération de groupes venant d'établissements variés, situés dans des régions géographiques différentes peut introduire un biais important. Vouloir mélanger dans une même cohorte l'ensemble des travailleurs de l'énergie nucléaire britannique, américaine, voire française afin d'augmenter la précision statistique des résultats risque fort de diluer les risques pour aboutir à une sous-estimation notable du risque cancérogène du rayonnement. C'est la tendance actuelle des nouvelles études qui sont en projet.

3 - Les erreurs statistiques

Pour le NRPB, le facteur de risque adopté par la CIPR pour établir ses normes de radioprotection étant dans les barres d'erreur, il n'y a pas lieu de procéder à une nouvelle révision à la baisse de ces normes.

Nous aimerions faire deux remarques au sujet de ces erreurs statistiques :

a) L'amplitude des erreurs statistiques dépend de ce qu'on appelle le taux de confiance. Cette grandeur n'a pas de fondement objectif. Elle mesure la confiance que l'on désire avoir dans un résultat. Plus le taux de confiance est élevé plus les barres statistiques augmentent et l'anomalie recherchée doit être plus grande pour qu'elle soit détectable d'une façon statistiquement significative. A la limite si l'on prend un taux de confiance de 100 % il n'est plus possible de trouver une anomalie statistiquement significative quelle qu'en soit son importance.

Si l'on ne veut pas pénaliser l'industrie nucléaire par un facteur de risque cancérogène qui aurait des chances d'être trop important, il faudra prendre, (ce qui est toujours fait), un taux de confiance élevé (90 % et même 95 %). Dans ce cas bien sûr le taux de confiance pour une bonne radioprotection est faible.

Le choix du taux de confiance reflète ce que l'on désire protéger.

b) La barre d'erreur signifie que la valeur cherchée se trouve quelque part entre ses limites. Par rapport aux barres d'erreur de l'étude du NRPB, le facteur de risque se trouve vers le bas de la barre. Il est donc fait confiance à la CIPR. Mais la valeur cherchée pourrait se trouver vers le haut de la barre, ce qui amplifierait encore l'écart avec la CIPR.

Ce que nous voulons faire remarquer par cette discussion est le point suivant : attacher plus d'importance au bas des barres d'erreur indique à qui on attribuera le bénéfice du doute. Dans le cas présent ce n'est pas à la protection des travailleurs.

4 - Le suivi de mortalité est court

Le suivi moyen est de l'ordre de 13 ans. Ce temps est peut être assez long pour aboutir à des résultats fiables en ce qui concerne la leucémie. Il faut cependant être prudent car le suivi des survivants japonais a mis en évidence un excès de décès par leucémies plus de 25 ans après l'irradiation; cet excès est certes faible mais pas forcément négligeable. Ainsi Shimizu et al [5] indiquent que la période d'apparition de leucémie radioinduites est au moins de 35-45 ans et non de 25 ans comme l'estime la CIPR.

Un suivi de 13 ans est beaucoup trop faible pour aboutir à un résultat définitif concernant les décès par tumeurs solides. Les observations faites sur les survivants japonais montrent que l'excès de mortalité pour ces cancers commence à apparaître 10 ans après l'irradiation et pour la majorité d'entre eux croît d'une façon continue au cours du temps. L'augmentation du risque cancérigène observée sur les survivants japonais entre 1970 et 1987 s'explique en grande partie par le suivi plus long de la cohorte.

Ainsi, les prochains bilans du NRPB qui correspondront à un suivi plus long réduiront bien sûr l'amplitude des erreurs statistiques mais pourraient également augmenter l'estimation du risque cancérigène. Cette éventualité n'est pas envisagée dans les conclusions de l'étude.

- [1] G.M.Kendall et al
First Analysis of the National Registry for Radiation Workers.
Occupational Exposure to Ionising Radiation and Mortality
NRPB-R251, January 1992, 102 p.

- [2] G.M. Kendall et al.
Mortality and occupational exposure to radiation : first analysis of the National Registry for Radiation Workers, Brit. Med. J., vol. 304, 25 January 1992, p.220-225

- [3] Les différents organismes dont les employés ont été enregistrés sont :
MOD-AWE : Minister of Defence, Atomic Weapons Establishment (Armements atomiques)
MOD- DRPS : Defence Radiological Protection Service (Services de radioprotection spécifiques à la défense : chantiers navals nucléaires etc...)
BNFL : British Nuclear Fuel Limited (fabrication des combustibles)
Nuclear Electric : électro-nucléaire
UKAEA : United Kingdom Atomic Energy Authorities : centres de recherche

- [4] Thomas F. Mancuso, Alice Stewart and George Kneale
Radiation Exposures of Hanford workers dying from cancer and other causes
Health Physics, vol. 33 n°5, p . 369-384

- [5] Yukiko Shimizu et al
Life Span Study Report 11. Part 2. Cancer mortality in the years 1950-85 based on the recently revised doses (DS 86)
Technical Report RERF TR 5-88 (1988), p. 43.