

Bella Belbéoch

5 Bd Henri IV

75004 PARIS

Paris le 21/1/1992

à A.BEHAR

Cher collègue,

Ci-joint quelques documents et explications relatifs au nombre de morts par cancers radio-induits en cas d'accident nucléaire grave figurant dans la motion que j'ai présentée lors de l'Assemblée Générale du GSIEN le 18/1/1992.

Pour évaluer le nombre de morts il faut connaître 2 termes :

- la dose collective
- le facteur de risque

Chacun des 2 termes est difficile à estimer et nous l'avons expliqué à plusieurs reprises dans la Gazette Nucléaire.

J'ai indiqué dans cette motion que pour 10 millions d'habitants, les niveaux d'intervention préconisés par le Directeur du SCPRI conduiraient en cas d'accident grave sur un réacteur français à un nombre de morts par cancers radio-induits compris entre 525000 et 1800000, ou plus même, selon la facteur de risque que l'on adopte pour effectuer l'estimation. Ces valeurs figuraient dans la Gazette Nucléaire n° 109/110 p.22

La dose collective

Le Pr Pellerin a préconisé en Biélorussie et en Ukraine une limite d'intervention allant jusqu'à 105 rem pour la dose cumulée sur une vie en 70 ans pour les habitants des zones contaminées. Il ne serait recommandé d'évacuer les habitants, dans la gestion post-accidentelle à moyen et long terme, qu'au dessus d'une dose engagée de 105 rem (1)

Qu'en serait-il en cas d'accident nucléaire en France ? (1). D'après l'information communiquée par le Dr Stoukine (2) on adopterait en cas d'accident en France une "dose-vie" supérieure à 35 rem (0,35 Sievert). Si la "dose-vie" est de 105 rem la dose collective serait alors, pour 10 000 000 d'habitants

$$10^7 \times 105 = \underline{1,05 \cdot 10^9 \text{ homme} \times \text{rem}} \text{ ou } \underline{1,05 \cdot 10^7 \text{ h} \times \text{Sv}}$$

Le facteur de risque cancérigène

1) LE FACTEUR DE RISQUE OFFICIELLEMENT RECOMMANDE PAR LA CIPR (3)

Depuis 1990 la Commission Internationale de Protection Radiologique recommande pour le public un facteur de risque de $5 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$. Appliqué à une dose collective de $1,05 \cdot 10^7 \text{ h} \cdot \text{Sv}$ cela représente un excès de morts par cancers de :

$$5 \cdot 10^{-2} \times 1,05 \cdot 10^7 = 525 \text{ 000 morts.}$$

C'est le nombre qui figure à la partie inférieure de la fourchette indiquée dans la motion.

2) BASE DES ESTIMATIONS DU FACTEUR DE RISQUE A PARTIR D'ETUDES EPIDEMIOLOGIQUES.

Toutes les Commissions d'experts se basent essentiellement - mais pas exclusivement- sur le suivi des survivants japonais des bombes A. Ce suivi a conduit à une révision en hausse du facteur de risque à partir des années 80. A partir des résultats bruts de l'étude (4) les "experts" appliquent des coefficients de réduction, variant de 1,5 à 10 selon les différents comités d'experts pour en déduire le facteur de risque de populations subissant une irradiation à faible débit de dose (DREF : Dose Rate Effectiveness Factor), à faible dose et faible débit de dose (DDREF : Dose, Dose Rate Effectiveness Factor) alors que les habitants d'Hiroshima et Nagasaki ont subi un "flash" et une fraction de la cohorte a reçu des doses très élevées.

Il y a des désaccords sur la valeur de ces coefficients et sur la validité de leur utilisation.

D'autres données épidémiologiques existent, (5) en particulier sur :

- les cancers et leucémies des enfants [irradiation in utero pendant la grossesse par radiographies ou par le rayonnement naturel - irradiation des pères avant la conception (6)]

- les travailleurs sous rayonnement

Ces études directes à faible dose ne nécessitent pas de facteur de correction

- les populations soumises aux retombées des tests de bombes, les soldats ayant participé aux tests (7)

- les patients soignés par radiothérapie etc...

3) LA REVISION EN HAUSSE DU RISQUE CANCERIGENE A PARTIR DU SUIVI DES SURVIVANTS JAPONAIS

En ce qui concerne l'étude des survivants des bombes A la meilleure représentation des résultats correspond à un modèle linéaire sans seuil et du type risque relatif. (11)

a) La dosimétrie et le problème que tu as soulevé à propos des neutrons

Avant 1979 on estimait que la bombe d'Hiroshima (à U enrichi) avait émis

beaucoup plus de neutrons que celle de Nagasaki (au Pu) ceci amenait les experts à attribuer aux neutrons une bonne partie de l'excès de cancers mortels observé (8). Cette dosimétrie, dite T6SD, a été remise en cause dès 1979 mais surtout, par W.E.Loewe et E.Mendelsohn du laboratoire de Livermore (USA), en 1981 et 1982 (9).

Il y a beaucoup moins de neutrons que ce que l'on croyait (on n'avait pas tenu compte de l'humidité de l'air à Hiroshima et Nagasaki, les modèles de simulation utilisés étaient incorrects etc...) (10)

Ainsi, les effets cancérigènes observés sont dus essentiellement aux d'où l'augmentation du facteur de risque cancérigène des

Il y a d'autres facteurs qui interviennent dans l'augmentation du risque cancérigène, entre autres le modèle de risque utilisé, la plus longue durée du suivi etc.. (11)

Il subsiste des différences entre Hiroshima et Nagasaki mais les statisticiens *peuvent* rassembler les survivants des deux villes en une seule cohorte ce qui améliore la précision statistique.

(La dosimétrie est appelée maintenant DS 86)

b) Le facteur de risque cancérigène mortel

Dans sa publication de 1977 (CIPR 26) la Commission Internationale de Protection Radiologique l'estimait à $1,25 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ ($1,25 \cdot 10^{-4} \text{ rem}^{-1}$)

Les résultats bruts (sans utilisation de facteur de réduction DREF)

1- E.Radford présente en novembre 1986 les "Données récentes concernant les cancers radio-induits parmi les survivants japonais des bombes A" à une conférence organisée conjointement par Friends of the Earth (U.K) et le NRPB (National Radiological Protection Board) (12)(11)

Pour Radford les résultats essentiels sont les suivants :

* les cancers radio-induits par des doses inférieures à 16 rem correspondent à 77% de tous les décès par cancer

* il n'y a pas de seuil aux faibles doses. La courbe représentant le mieux le suivi est une courbe supralinéaire à concavité tournée vers le bas : extrapoler vers les faibles doses le facteur de risque déduit des fortes doses revient à sous-estimer le risque

* les enfants forment un groupe à haut risque

* le modèle du risque relatif représente mieux les effets cancérigènes que celui du risque absolu

* 40 ans après l'irradiation l'excès de cancer continue à croître (sauf pour la thyroïde)

E.Radford indique des doses de doublement du risque cancérigène à partir desquelles on peut déduire le facteur de risque (13). Pour tous les cancers y compris la leucémie la dose de doublement est voisine de 130 rem ce qui conduit à un facteur de risque cancérigène de $18 \cdot 10^{-4} \text{ rem}^{-1}$ (au lieu de $1,25 \cdot 10^{-4} \text{ rem}^{-1}$ en 1977). (12)

2- D.L.Preston, D.A.Pierce (1987)

Le rapport détaillé et complexe de P.et P. (4) (11) analyse l'ancienne et la nouvelle dosimétrie, l'influence des facteurs de transmission des bâtiments, l'absorption des organes, l'influence de la prise en compte ou non de ceux ayant reçu des doses supérieures à 4 Grays etc...

Avec la nouvelle dosimétrie il n'y a plus moyen de déterminer le facteur d'efficacité biologique des neutrons. Comme il y a eu relativement peu de neutrons P. et P. ont montré qu'une variation entre 5 et 20 de ce facteur affecte assez peu les résultats.

Si on prend la cohorte ayant reçu moins de 4 Gy, les estimations du risque sont les suivantes, avec un RBE pour les neutrons de 10, (14) :

-cancers autres que la leucémie :

l'excès de risque relatif est 0,66

-leucémie :

l'excès moyen de risque absolu, exprimé dans l'unité

10^4 personne x an x Sv est de 3,15

(excès annuel moyen : $3,15 \cdot 10^{-4} \text{ Sv}^{-1}$)

P. et P. font différentes hypothèses : ils prennent le gros intestin pour calculer la dose organe. Ils considèrent qu'il y a un déficit dans les déclarations de mortalité et comme précédemment dans le rapport BEIR III ils l'estiment à 23% etc..

Avec ces données le facteur de risque est : (15)

pour les cancers autres que la leucémie : $16,2 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$

pour la leucémie : $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$

soit un facteur de risque global de $17,4 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$. Pour une dose collective de $1,05 \cdot 10^7 \text{ hXSv}$ le nombre de morts en excès est :

$17,4 \cdot 10^{-2} \times 1,05 \cdot 10^7 = \underline{1.827.000 \text{ morts}}$

(j'ai mis 1.800.000 dans la motion proposée)

D'autres valeurs moins élevées que $16,2 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ et $1,2 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ figurent également dans ce rapport . En particulier P. et P. utilisent les coefficients de réduction préconisés par l'UNSCEAR en supposant que le modèle linéaire surestime le risque. Or Radford avec les mêmes données pour les cancers autres que la leucémie trouve que c'est supra-linéaire.

3- Quant à Gofman (16) il utilise un facteur de risque encore plus élevé, $37,71 \cdot 10^{-2} \text{ Sv}^{-1}$ pour les faibles doses (0,01 Sv) . C'est pourquoi dans la motion j'ai mis et plus pour la fourchette du nombre de morts par cancer.

4- Doit-on utiliser un coefficient de réduction ?

Radford a fait remarquer que 77 % de la cohorte des survivants a reçu moins de 16 rem. On n'est donc pas dans le domaine des fortes doses.

A.Stewart (17) pense que la détermination du facteur de risque des faibles doses par extrapolation à partir des fortes doses sous-estime le risque à cause de la compensation entre l'effet des séquelles à la moelle osseuse et l'effet de sélection des plus résistants.

D'autre part ces coefficients ne sont pas trouvés à partir d'épidémiologie humaine mais sur des études animales et à partir d'hypothèses sur les mécanismes de réparation cellulaire suite aux irradiations.

D'AUTRES ETUDES CONDUISENT A DES FACTEURS DE RISQUE PLUS ELEVES QUE CEUX DE LA CIPR 60 ET CONCERNENT DES IRRADIATIONS :

A FAIBLE DOSE. Il s'agit des cancers des enfants de moins de 15 ans en relation avec une irradiation in utero

a) Examens obstétricaux par Rayons X. Le risque de cancer mortel a été estimé à $20 \cdot 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ et $13 \cdot 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ (18)

b) le rayonnement naturel. Il serait responsable de plus de 60% des cancers des enfants. Il s'agit là d'une irradiation à faible dose et faible débit de dose (19)

FAIBLE DOSE ET FAIBLE DEBIT DE DOSE : IRRADIATION PROFESSIONNELLE DES TRAVAILLEURS (20)

L'étude de Mancuso, Stewart et Kneale sur les travailleurs de l'usine de Hanford (USA) a donné lieu à une violente polémique sur le facteur de risque. Leurs conclusions étaient : -pas de seuil dans la courbe représentant l'effet cancérigène en fonction de la dose qui serait supra-linéaire

-corrélation entre l'excès de morts et les doses reçues et effets plus importants pour les tissus radiosensibles (moelle osseuse, pancréas, poumons)

-le modèle du risque relatif représente le mieux les résultats. Le risque dépend de l'âge à l'irradiation

Les conclusions de Radford sont très proches de celles énoncées dès 1977 par MSK. L'écart entre les estimations du risque à partir des 2 cohortes, survivants japonais et travailleurs de Hanford se réduit. D'après MSK le facteur de risque serait plus de 10 fois celui de la CIPR de 1977 ($1,25 \cdot 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$). En fait à partir des doses de doublement indiquées et pour un risque naturel de mortalité par cancer compris entre 14% et 25% le facteur de risque absolu est supérieur à celui de la CIPR de plus de 40 fois [R.Belbéoch (14)]. Une communication personnelle d'Alice Stewart m'indique que, selon elle, il va falloir procéder à une révision de dosimétrie pour toutes les études épidémiologiques des travailleurs US car les seuils de sensibilité des films de contrôle et le rythme des contrôles a varié au cours du temps. Aucune étude n'en a tenu compte jusqu'à présent. Cela diminuera l'écart avec la CIPR mais le facteur de risque sera toujours nettement supérieur même à celui de la CIPR 60 qui donne en 1990 un risque pour les travailleurs de $4 \cdot 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ (au lieu de $5 \cdot 10^{-2} \text{Sv}^{-1}$ pour le public).

Ainsi en indiquant dans la motion une fourchette de 525.000 à 1.800.000 morts par cancer ou plus selon le facteur de risque que l'on adopte j'ai reflété l'état actuel des estimations de l'effet cancérigène des rayonnements en incluant les études qui ont soulevé des polémiques mais qui finalement servent de moteur à des études plus fines qui s'avèrent donner des résultats incluant ces estimations si controversées. Par exemple l'étude de Gardner sur les cancers des enfants autour de l'usine de Sellafield retrouve l'effet des Rayons X pratiqués pendant la grossesse décelé par A.Stewart dès les années 50 grâce à l'établissement d'un registre de cancers (Etude dite d'Oxford) et nié par les autorités officielles pendant des années.

Pour ma part je pense que notre rôle, en tant que scientifiques indépendants, n'est pas d'entériner les décisions des organismes officiels qui se préoccupent d'optimisation coût/bénéfice sans la participation des principaux intéressés travailleurs et population, mais de rester ouverts à toutes les critiques concernant ces décisions dans la mesure où elles vont dans le sens d'une meilleure radio-protection de la population.

Cordialement,



REFERENCES ET DOCUMENTS JOINTS *

- (1) La lettre adressée au Ministre de la Santé par 5 associations (5 mars 1990) au sujet des mesures préconisées par P.Pellerin en Biélorussie et en Ukraine (conférence de presse le 9/4/1990) *
- (2) Voir la Gazette Nucléaire n° 109/110 pour les informations concernant ce colloque.
- (3) Publication CIPR 60 p.153 *
- (4) Dale L.PRESTON, Donald A.PIERCE
The effects of changes in dosimetry on cancer mortality risk estimates in the atomic bomb survivors.
Radiation Effects Research Foundation, RERF TR 9-87 (august 1987)
- (5) Roger BELBEOCH, Effets à long terme des faibles doses de rayonnement ionisant.
Colloque nucléaire, santé, sécurité. Montauban 21-22-23/1/1988.
Conseil Général de Tarn et Garonne.
(voir toutes les références indiquées dans cet article)
- (6) Pierre BARBEY
Les leucémies de Sellafield.
L'ACRONIQUE du nucléaire, n° 13, juin 1991
- (7) En Angleterre c'est une émission de la BBC qui a initié l'étude sur les vétérans. En France rien n'a filtré au sujet de la santé des soldats présents à Reggane...

- (8) Voir Gazette Nucléaire n° 56/57 déc.1983, p.25-26
Actes du Colloque de Montauban, p.208
- (9) W.E.LOEWE, E.MENDELSON
Health Physics, vol.4, 663, (1981°
Nucl.Sc.Eng. 81 (1982)
- (10) I.SHIGEMATSU
Re-evaluation of atomic dosimetry in Hiroshima and Nagasaki, IAEA-CN-
IAEA-CN-51/96, p.109 *←
- (11) Voir Gazette Nucléaire n°84/85 p.3 à 9 E.Radford a été le Pt de la Commission
n° 90/91 p.21 à 23 de l'Académie des Sciences des USA chargée
d'élaborer le Rapport BEIRIII, sur les
Actes du Colloque de Montauban, p.213-217 effets des rayonnements ionisants (1980)
Santé et Rayonnement. Effets cancérogènes des faibles doses de rayonnement
GSIEN/CRII-RAD, janvier 1988
- (12) Radiation and Health. Ed.R.R.JONES and R.SOUTHWOOD
Proceedings of an International Conference on "The Biological Effects of
Ionizing Radiation" ,London,24-25 Nov.1986
Extrait de la Discussion suite à l'exposé de E.Radford, p.156-159 *←
- (13) Gazette Nucléaire n° 90/91 p.20 et 21
- (14) PRESTON et PIERCE, RERF TR 9-87, p.25 Table 13
Gazette Nucléaire n° 90/91 p. 21
Roger BELBEOCH. "Some remarks about RERF TR 9-87, 6 feb.1990 *←
Additif à la note du 9 fév.1990. (Janvier 1992) *←
- (15) PRESTON et PIERCE, RERF TR 9-87,p. 34-35-36
- (16) J.W.GOFMAN
" Effets secondaires des rayonnements ionisants : progrès dans l'évaluation
du taux de malignité par unité de dose"
Actes du Colloque de Montauban,p.229 (janv.1988)
"Cancer risk among A-Bomb Survivors in both the "old" and "new" dosimetry
Proceedings of the international colloquium on health effects of low-level
radiation,MUENSTER,feb.26-28, 1988
p.1, 2, 13(Table 3), 14R (Table 4), 15R (Table 5) *←
- (17) Gazette Nucléaire n°56/57 (déc.1983),p.7 Depuis 1983 Alice Stewart a publié
plusieurs articles à ce sujet.
- (18) E.G.KNOX,A.STEWART,G.KNEALE,A.GILMAN, "Prenatal irradiation and child-
hood cancer, J.Soc. Rad. Prot.(1987) vol.7, 177-189
C.E.MUIREAD, G.KNEALE,J.Radiol.Prot.(1989)n°3,209-212
- (19)G.W.KNEALE, A.M.STEWART
Childhood cancers in the UK and their relation to background radiation.
Radiation and Health, Ed.R.R.Jones, R.Southwood (1987),John Wiley.
- (20)Fiche technique du GSIEN n°34 : Effets des faibles doses de rayonnement
Analyse des données sur la mortalité par cancers et autres causes parmi les
travailleurs de l'usine nucléaire de Hanford (Nov.1978)(R et B.Belbéoch, D.Lalanne)
La publication de T.F.MANCUSO,A.M.STEWART,G.W.KNEALE a été publiée dans
Health Physics,33,369 (1977)
Depuis, 5 articles ont été publiés par MSK, qui ne sont jamais cités
Voir G.N. n°5, p.4