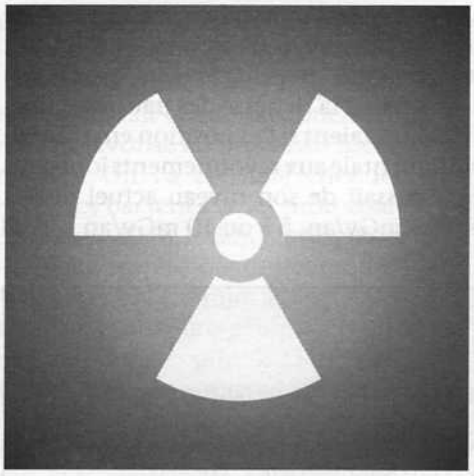


Entretien avec le Pr. Sohei Kondo

Calmons les angoisses dues aux retombées de Tchernobyl

***Le Dr Sohei Kondo, professeur honoraire à l'université d'Osaka, a étudié les effets des radiations depuis plus de quarante ans. Il est retraité de l'Institut de recherche atomique de l'université Kinki à Osaka, et est l'auteur du livre* Les effets du rayonnement à faible dose sur la santé. *Cet entretien a été réalisé en avril 1996 par notre consœur Marjorie Hecht de* 21st Century, Science and Technology.**

On a pu voir dans la presse des affirmations terribles à propos des effets désastreux des retombées radioactives suite à l'accident de Tchernobyl, en avril 1986. Vous avez étudié, pendant de nombreuses années, les effets des radiations sur la santé. Quelle est votre évaluation de la situation ?

Sohei Kondo : J'ai été choqué par les récents rapports déclarant que des centaines et des milliers de gens mourront des conséquences de l'accident de Tchernobyl. Les niveaux de radioactivité, même dans les endroits les plus contaminés, sont bien en deçà du niveau létal.

Quels ont été, en réalité, les effets des radiations ? La bonne nouvelle est qu'on n'a pas détecté d'accroissement mesurable de leucémies chez les enfants. Or, l'on s'attendait, sur la base de l'expérience d'Hiroshima et de Nagasaki, à un accroissement significatif. D'un autre côté, je fus surpris par le nombre élevé de cancers de la thyroïde rapporté chez les enfants dans les zones fortement contaminées par l'iode-131, car celle-ci est régulièrement utilisée chez l'adulte à des doses équivalentes pour des études de la thyroïde, sans pour cela provoquer de cancer.

Quoi qu'il en soit, les tumeurs se développent pour des causes multiples. Ainsi, il est possible qu'il y ait eu d'autres facteurs comme la déficience en iode, des dispositions génétiques, le stress dû à la peur des radiations, l'évacuation, les changements sociaux, etc. Fort heureusement, le cancer de la thyroïde est, dans la majorité des cas, curable.

Le nombre de victimes après l'accident de Tchernobyl, y compris les trente morts héroïques parmi les pompiers qui durent se battre contre l'incendie du réacteur, est inférieur à 0,1% du nombre des victimes suite aux explosions d'Hiroshima ou de Nagasaki.

Je pense que nous devons combattre par tous les moyens l'utilisation de la bombe atomique, qui est une arme destinée à tuer la population. Mais les réacteurs nucléaires sont conçus pour le bien des êtres humains. En outre, il faut garder en tête que le nombre de victimes dû à l'accident de Tchernobyl, l'accident nucléaire le plus grave qu'on ait connu, est bien moindre que celui qu'on trouve dans de nombreux accidents dans les mines ou lorsqu'un barrage cède.

Quel est selon vous le risque dû au rayonnement dans la région de Tchernobyl ?

Sohei Kondo : On a fortement exagéré le risque potentiel causé par le rayonnement à faible dose sur la population exposée aux retombées de Tchernobyl. Nous le savons grâce à des études, d'une part, sur les survivants d'Hiroshima et de Nagasaki, et, d'autre part, sur des populations qui vivent dans des régions naturellement radioactives. Toutefois, il existe des effets significatifs sur la santé, tout à fait inattendus, provoqués par la *phobie des radiations* ; ces effets furent en grande partie causés par l'affirmation exagérée du danger des rayonnements à faibles doses.

Par exemple, plusieurs milliers d'habitants autour de Tchernobyl furent évacués après qu'on leur ait annoncé qu'ils recevraient une dose vie de 35 millisieverts (mSv). Cela reste néanmoins une dose inférieure aux 39 mSv annuels que reçoivent les 74.000 habitants de la province chinoise du Yangjiang. Or ceux-ci ont fait l'objet d'études épidémiologiques récentes et exhaustives.

Depuis 1970, les 74.000 habitants du Yangjiang, région qui offre un rayonnement annuel de 5,5 mSv (39 mSv pour une vie de 70 ans), sont comparés aux 77.000 habitants de la région voisine, qui ne reçoivent que 2,1 mSv annuels, soit la moitié de la dose du Yangjiang. L'étude épidémiologique montre que la mortalité par cancer dans la région à forte radioactivité (leucémie incluse) est inférieure à celle de la région de contrôle, à faible radioactivité, bien que la différence soit statistiquement non significative (Wei et al., voir aussi Kondo 1993).

Ceci reste le cas malgré les aberrations chromosomiques fréquentes dans les cellules sanguines périphériques des personnes âgées du Yangjiang, c'est-à-dire qu'il n'existe *pas* de corrélation entre aberration chromosomique des cellules sanguines périphériques et cancer.

Ces résultats sont cohérents avec l'idée que le corps humain est doté de bons mécanismes de défense contre les rayonnements à faible dose, comme il l'est également contre d'autres agents naturels toxiques. Par conséquent, je répète ce que j'ai écrit dans mon livre en 1993 :

« Je soutiens les résidents [de la région de Tchernobyl] qui décidèrent intuitivement de rester dans leur foyer, en dépit de l'importante contamination de leur maison et de leurs champs par des retombées radioactives. Je ne serais point surpris d'apprendre que ceux qui ont choisi de rester dans leur maison contaminée, aient vécu plus longtemps que ceux qui sont partis, car il existe de nombreux éléments de preuve que les rayonnements à faibles doses ne sont pas nuisibles mais souvent bénéfiques (...). » (voir Kondo 1993, pour les données).

Le problème le plus critique est qu'il n'y a pas moyen de transmettre ces données et cette connaissance scientifique utiles à ceux qui en ont besoin. Face à ce problème, je suis heureux d'apprendre qu'une association à but non lucratif, « Rayonnement, Science et Santé », se constitue aux Etats-Unis et dans d'autres pays pour fournir des données et des informations scientifiques sur les effets d'une faible radioactivité sur la santé. Ces données sont en contradiction avec le modèle linéaire sans seuil du risque lié au rayonnement qui prévaut aujourd'hui. (...)

Au regard des critères d'une véritable science biologique, le célèbre généticien Théodosius Dobzhansky, un émigré soviétique aux Etats-Unis, a dit que *« rien en biologie n'a de sens sans la lumière de l'évolution »*. Les êtres humains ainsi que tout le règne vivant ont évolué baignés de radiations naturelles, et ce depuis plusieurs millions d'années. Ainsi, les individus sont dotés de mécanismes de défense contre les risques liés à la radioactivité naturelle. Cette approche de bon sens de l'irradiation, confirmée par beaucoup d'études de la population humaine, est trop souvent ignorée.

Effets génétiques des rayonnements sur les enfants des survivants à la bombe atomique

Fréquence (Nbre cas anormaux/nbre cas étudiés)		
Indicateur	**Contrôle**	**Exposés***
Malformations, Morts-nés	4,99% (2257/45.234)	5,00% (503/10.069)
Décès d'enfants à terme	7,35% (2451/33.361)	7,08% (989/13.969)
Aberrations chromosomiques stables	0,31% (25/7976)	0,22% (18/8322)
Aneuploïdie	0,30% (24/7976)	0,23% (19/8322)
Mutations dans les protéines du sang	0,00064% (3/470.000)	0,00045% (3/670.000)
Leucémie	0,05% (16/31.159)	0,05% (16/31.159)

* Les doses moyennes des parents s'élevaient entre 0,36 et 0,60 Sv.
Sources : Adapté de Neel et al., 1990.

Vous revenez d'un séminaire à Vienne sur les effets des radiations sur la santé. Il y était question de la validité des modèles standards « sans seuil » pour le calcul des risques. Qu'en est-il sorti ?

Sohei Kondo : A cette réunion, il y avait trois scientifiques américains, trois français, quatre japonais, un suédois et l'actuel secrétaire du Comité scientifique des Nations Unies pour les effets des irradiations atomiques (UNSCEAR), B.G. Bennet. J'ai eu le sentiment que le paradigme mis en avant par « Radiations, Science et Santé » se mettait en place.

Nous avons discuté de l'ordre du jour de la prochaine conférence (novembre 1997) de l'Agence internationale de l'énergie atomique sur « les effets des rayonnements faibles sur la santé ». Les sujets principaux tourneront autour d'une interprétation des chiffres et d'une évaluation des risques *allant à l'encontre* de l'évaluation linéaire d'un seuil de risque.

Comme le dit le professeur suédois Gunnar Walinder, *« Je n'hésite pas à dire que l'hypothèse linéaire sans seuil de risque est l'un des plus grands scandales scientifiques des temps modernes »*.

Nous sommes aussi d'avis de repousser jusqu'à la conférence de 1997 la mise en œuvre des normes limites à 20 mSv pour les ouvriers et 1 mSv pour le public recommandées par la CIPR. (...)

Comment ce modèle sans seuil s'est-il imposé ?

Sohei Kondo : Comme l'a mentionné Jerry Cohen à la conférence de Vienne, et à celle de la Société américaine du nucléaire, l'hypothèse d'un « non seuil » est une déformation du principe de toxicologie suivant lequel c'est « la dose qui fait le poison », idée généralement admise pour l'évaluation du risque en santé publique pour les autres substances toxiques.

Ce modèle sans seuil a été adopté lors de la première réunion de l'UNSCEAR en 1958. Je me suis laissé dire que ce modèle fut ardemment défendu par Hermann J. Muller, sur la base de ses découvertes qui lui valurent le Prix Nobel, où il montrait que l'augmentation linéaire des mutations des lignées germinales de mouches à fruit était proportionnelle aux doses de rayons X, et sa proposition fut soutenue par les généticiens du monde entier. Il en résulta l'abandon de la notion de seuil défendue par les membres du comité appartenant au domaine médical.

Quels sont les arguments scientifiques pour remettre en cause le modèle sans seuil ?

Sohei Kondo : Considérons d'abord le risque génétique du rayonnement, danger dont les craintes sont les plus fortes, et ce depuis la première conférence de l'UNSCEAR.

Quarante ans de suivi des 10.000 à 30.000 enfants nés des survivants des bombes au Japon, exposés à des doses moyennes de 0,4 Sv, n'ont révélé aucun accroissement significatif des six indicateurs génétiques étudiés, par rapport à 10.000 à 45.000 enfants

non exposés (voir tableau). En appliquant à l'homme les résultats obtenus sur la souris par le doublement de la dose, on aurait dû s'attendre à un doublement des effets génétiques parmi les enfants des survivants, mais tel ne fut pas le cas.

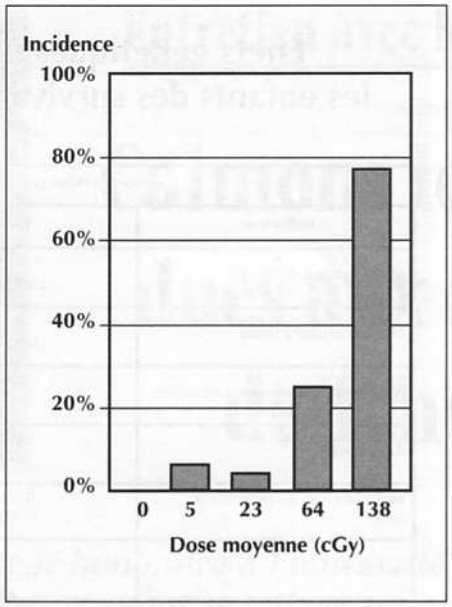
Le principal expert dans ces études médicales de l'irradiation, le professeur James V. Neel, a déclaré : « *Les enfants de la population la plus irradiée de l'histoire du monde ne montrent aucune preuve statistiquement significative de mutations dues à leurs parents. L'absence de données statistiquement significatives n'exclut pas la possibilité d'un taux de mutation plus élevé chez les survivants, mais non détectable par les méthodes actuelles.*

« *Ces études ont fourni une base de données extensive avec laquelle on peut empiriquement confronter les conjectures passées et futures concernant les conséquences génétiques de l'exposition aux rayonnements ionisantes. Les études devraient, en particulier, tranquiliser ce groupe important de Japonais exposés et leurs enfants, sans la formidable coopération desquels ces études auraient été impossibles et qui, tout le long de ces années, ont dû subir un flot d'exagérations à propos des risques génétiques encourus.* » (Neel, et al. 1990).

A ce propos, je fus choqué en lisant le titre à sensation « Les retombées génétiques de Tchernobyl » sur la couverture du magazine *Nature* du 25 avril 1996. C'est un titre scandaleux qui ne s'appuie sur aucune preuve tangible.

Cet article de Dubrova et al. affirme que la fréquence des mutations des lignées germinales localisées au niveau des mini-satellites chromosomiques était deux fois plus importante pour les familles habitant les zones hautement contaminées par le Césium-137 en Biélorussie que pour les familles britanniques. L'article affirme également que la fréquence des mutations chez les familles biélorusses est corrélée au niveau de contamination de surface par le Césium-137, tout ceci étant cohérent avec l'idée que les radiations induisent des mutations des lignées germinales.

Cette conclusion n'est cependant pas valide car les familles britanniques ne sont pas un groupe de contrôle adéquat pour évaluer les mutations induites par les retombées en Biélorussie. En plus, les doses subies par les membres individuels des familles biélorusses ne sont pas connues.



Ce graphique met en relation l'incidence d'arriérations mentales graves chez les enfants exposés aux rayonnements dus aux bombes atomiques d'Hiroshima et Nagasaki, avec la dose prénatale. Les chiffres ne concernent que les fœtus exposés entre 8 et 15 semaines, période de plus grande vulnérabilité quant aux risques d'arriérations mentales après exposition au rayonnement de la bombe.

Sources : Adapté de Otake et al., 1987.

Par ailleurs, Kodaira et al. (1995) rapportent déjà que la fréquence moyenne de mutation par locus par gamète sur six mini-satellites est de 1,5% pour les familles exposées à une dose moyenne de 1,9 Sv (les irradiés des bombes) et de 2% pour les familles non exposées mais qui vécurent dans les même zones, à part quelques différences insignifiantes suivant l'emplacement par rapport à l'hypocentre de la bombe atomique. Ceci démontre l'absence d'effets génétiques causés par une irradiation de 1,9 Sv.

Je ne comprends pas pourquoi l'UNSCEAR et d'autres comités dignes de foi se servent, dans leurs évaluations des risques génétiques dus aux radiations, d'extrapolations de données expérimentales sur les souris au lieu des chiffres connus pour la population humaine.

Comment expliquez-vous que le corps humain puisse s'adapter aux faibles doses ?

Sohei Kondo : De la bactérie jusqu'à la cellule humaine, il existe des mécanismes semblables pour faire face aux dommages causés sur l'ADN par les radiations ionisantes, la lumière ultraviolette ainsi que d'autres agents toxiques. Cela comprend aussi bien des mécanismes de réparation de l'ADN que des mécanismes permettant à l'organisme de tolérer un dommage. Ces derniers sont intégrés dans mon modèle à seuil du risque lié à l'irradiation.

J'ai proposé la réparation par remplacement de cellules, c'est-à-dire que les cellules abîmées se suicidaient de manière altruiste et se trouvaient remplacées par des cellules saines. C'est pour cela que les malformations de naissance, provoquées par une exposition aux rayons X, des mouches à fruit mâles ayant atteint le troisième stade de larve, sont complètement réparées quand ces cellules sont transplantées dans des larves plus jeunes de deux jours. Nous en avons également observé la confirmation chez la souris.

Voyons-le d'une autre manière. Les cancers humains dus aux radiations ionisantes ont une faible incidence et il faut des décennies avant qu'ils n'apparaissent. Chez la souris, la situation est renversée : les cancers induits apparaissent dans l'année ou la suivante et ont une incidence élevée. C'est le cas même si les taux de mutagenèse de la souris sont semblables à ceux de l'homme.

Pour expliquer cela, je dirais que les erreurs dans la réparation des dommages sont une cause majeure des cancers d'irradiation. Chez l'homme, cette réparation (des tissus) se fait à un rythme lent, et probablement avec moins d'erreurs que chez la souris. Ceci expliquerait la plus grande période de latence pour la carcinogenèse et la faible incidence chez l'homme.

J'ai également pris part à des études sur la souris, et nous avons observé des mécanismes de dépistage des fœtus abimés, irradiés par des rayons X pendant la période de gestation. Il semblerait que les tissus embryonnaires et fœtaux ont un « gardien » qui avorte les cellules portant des

dommages tératogéniques sur l'ADN irradié.

Pourquoi dites-vous que la crainte de malformations génétiques dues aux radiations est bien trop exagérée ?

Sohei Kondo : L'Agence internationale de l'énergie atomique a estimé que 100.000 à 200.000 avortements ont eu lieu en Europe peu après l'accident de Tchernobyl. Si cela est vrai, c'est une tragédie historique due au manque de connaissance scientifique sur les malformations génétiques dues aux radiations.

L'incidence d'arriérations mentales graves observée suite à l'exposition *in utero* aux rayonnements de la bombe n'est pas plus élevée que chez le groupe témoin dont les doses sont inférieures à 0,5 Sv (voir figure). Ces résultats sont cohérents avec ceux des recherches expérimentales suivantes : quand on expose aux rayons X des souris au début de leur gestation, il y a accroissement de morts prématurés et d'avortements, mais pratiquement pas d'accroissement de malformations à la naissance. Pendant leur organogenèse (en 9 à 10 jours de gestation), les fœtus sont plus résistants que les embryons aux risques de mort par irradiation, mais ils deviennent plus sujets aux malformations pour des doses dépassant un seuil de 0,5 Sv. Ce fait bien connu suggère l'existence d'un mécanisme de dépistage des fœtus endommagés.

Nous avons porté notre attention sur le gène p53 (un gène « suppresseur de tumeurs bien connu), et les conséquences de son exposition aux rayons X (Norimura et al. 1996). Chez la souris dépourvue de gène p53, nous avons trouvé un fort accroissement de malformations à la naissance, mais un faible taux de morts prématurés ou de fausses couches. Cela confirma la notion que les tissus fœtaux et embryonnaires ont un « gardien » sur le gène p53 qui avorte les cellules portant des dommages tératogéniques sur l'ADN irradié. En fait, après l'irradiation, le nombre de cellules avec des fragments d'ADN apoptotiques s'est considérablement accru dans les tissus des souris pourvues normalement de gènes p53, mais pas chez celles qui en sont dépourvues.

Qu'est-ce que l'apoptose ?

Sohei Kondo : L'apoptose est aussi appelée la mort programmée des cellules. Toutes les cellules de mammifère sont génétiquement programmées pour s'autodétruire, et il leur faut un flux permanent de signaux des autres cellules pour échapper à leur mort programmée. Un autre type de mort des cellules, la nécrose, survient dans un tissu subissant une mauvaise irrigation sanguine, une brûlure ou une agression par différents agents, y compris l'exposition à de fortes radiations ionisantes.

L'apoptose obtenue par le p53 assure l'élimination complète des cellules endommagées, alors que la nécrose accroît souvent la blessure résiduelle. Le fait qu'il n'y ait pas d'accroissement de malformations après une faible exposition au rayonnement, nous laisse à penser que les cellules endommagées reconnaissent leur anomalie et protègent l'organisme entier en « s'apoptosiant » afin d'être remplacées par des cellules saines ; c'est la régénération.

L'AIEA a estimé que 100.000 à 200.000 avortements ont eu lieu en Europe peu après l'accident de Tchernobyl. Si cela est vrai, c'est une tragédie historique due au manque de connaissance scientifique sur les malformations génétiques dues aux radiations.

Ce mode de réparation complète de tissus est considéré par Brash (1996) comme étant le résultat d'une « relecture » par laquelle les cellules, comme les ADN polymérases, peuvent éliminer leurs erreurs. La « relecture » cellulaire qui induit l'apoptose par p53 des cellules endommagées, si elle a bien lieu, assure un seuil aux malformations génétiques causées par les radiations.

Que peut-on proposer pour aboutir à une meilleure compréhension des radiations et de leurs effets ?

Sohei Kondo : J'ai écrit mon livre pour fournir des données scientifiques utiles à ceux qui veulent calmer leur peur des radiations. Toutefois, je n'ai pas réussi à les transmettre aux habitants en proie aux peurs des retombées de Tchernobyl. J'ai fait parvenir mon livre à plusieurs scientifiques de l'ex-Union soviétique. L'un d'entre eux, lors d'une visite au Japon, m'a promis de traduire les passages de mon livre concernant l'accident de Tchernobyl (...). Aujourd'hui, vue l'instabilité sociale, il me semble très difficile de transmettre de véritables faits scientifiques, non seulement dans les Etats de l'ex-Union soviétiques mais également ailleurs. ■

Références

D.F. Brash, . « La relecture cellulaire », *Nature Med.*, Vol 2 pp 525-526, Mai 1996.

Y.E. Dubrova et al., « Human Minisatellites Mutation Rate after the Chernobyl Accident », *Nature.*, Vol 380 pp 683-686, 1996.

M. Kodaira et al., « Lack of Effects of Atomic Bomb Radiation on Genetic Instability of Tandem-repetitive Elements in Human Germ Cells », *Am. J. Hum. Genet.*, Vol. 57, pp. 1275-1283, 1995.

Sohei Kondo, *Health Effects of Low-level Radiation*, Osaka, Kinki University Press and Madison, Wisc., Medical Physics Publishing, 1993.

J.V. Neel, et al., « The Children of Parents Exposed to Atomic Bombs : Estimates of the Genetic Doubling Dose of Radiation for Humans », *Am. J. Hum. Genet.*, Vol. 46, pp. 1053-1072, 1990.

T. Norimura, S. Nomoto, M. Katsuya, Y. Gondo at S. Kondo, « p53-Dependent Apoptosis Suppresses Radiation-induced Teratogenesis », *Nature Med.*, Vol. 2, pp.557-580, Mai 1996.

M. Otake, H. Yoshimaru et W. J. Schull, « Severe Mental Retardation among Prenatally Exposed Survivors of the Atomic Bombing of Hiroshima and Nagasaki : A Comparison of the T65DR and DS86 Dosimetry Systems », (Hiroshima : Radiation Effects Research Foundation, RERF TR 16-87), 1987.

L. Wei et al., « Epidemiological Investigation of Radiological Effects in High Background Radiation Areas of Yangjiang, China », *J. Radiat. Res.*, Vol.31, pp.119-136, 1990.