

Présidente du Comité scientifique de l'ANCLI (Association nationale des commissions locales d'informations), et enseignant-chercheur à l'Université de Toulouse, Suzanne Gazal a axé son intervention autour de “ quelques interrogations concernant le transfert du tritium dans l'environnement et ses effets biologiques et sanitaires ”.

Suzanne Gazal :

« Par-delà la problématique des rejets – directs ou indirects, liquides ou gazeux – dans l'environnement, la question qui se pose *in fine* est celle de leur éventuelle toxicité pour les organismes vivants et notamment pour l'Homme. Si cette toxicité potentielle a été étudiée, il subsiste néanmoins de nombreuses inconnues, qui relèvent tant de l'évaluation de la toxicité du tritium proprement dite, que de la problématique des transferts de celui-ci dans l'environnement.

Avant de développer ces points, je ferai un rapide rappel concernant les effets des rayonnements ionisants et les données disponibles relatives au tritium.

En ce qui concerne les effets des rayonnements ionisants, on distingue habituellement en radioprotection les effets dits “ déterministes ” et les effets dits “ aléatoires ” (ou “ stochastiques ”). Les premiers sont caractérisés par (a) l'existence d'un seuil en dessous duquel ces effets n'apparaissent pas, (b) le fait que leur gravité augmente avec la dose reçue, (c) le fait que les lésions sont présentes chez tous les sujets exposés. A l'inverse, les seconds sont caractérisés par (a) l'absence probable d'un seuil en dessous duquel ces effets n'apparaissent pas (position actuelle de la Commission International de Protection Radiologique, CIPR), (b) le fait que leur gravité n'augmente pas avec la dose reçue, (c) le fait que les effets n'apparaissent que chez certains sujets exposés et que leur probabilité d'apparition augmente avec la dose reçue. Les effets des rayonnements ionisants concernent le sujet exposé et/ou sa descendance. Ils sont précoces ou tardifs. Les effets aléatoires aujourd'hui identifiés comme tels sont les cancers et les effets héréditaires graves.

En ce qui concerne le tritium, il faut rappeler qu'il est très mobile et qu'on le retrouve dans toutes les molécules hydrogénées et notamment dans l'eau, c'est-à-dire dans l'ensemble de l'organisme. Par contre, on trouvera plutôt le tritium organiquement lié (OBT) dans les tissus à renouvellement rapide, notamment au niveau de l'ADN.

Les effets de l'eau tritiée et plus marginalement de l'OBT ont été étudiés chez l'animal – essentiellement chez les rongeurs – *in vivo* et/ou *in vitro*. On a ainsi observé des effets sur la fertilité, sur le cerveau, sur la division et la mort cellulaires. Au registre des effets aléatoires, des cancers et des effets sur la descendance de parents irradiés avant la conception ont également été mis en évidence.

Les effets sur l'homme sont quant à eux moins bien établis. Au chapitre des effets déterministes, on a observé une destruction des cellules de la moelle hématopoïétique après contamination chronique massive. Quant aux effets aléatoires, quelques études épidémiologiques conduites aux Etats-Unis auprès des travailleurs du nucléaire font état d'excès de cancers de la prostate, de cancers du rectum, de cancers pulmonaires et de leucémies. Trois études épidémiologiques conduites sur les populations autour de sites nucléaires, notamment canadiens (dotés de réacteurs à eau lourde qui rejettent des quantités significatives de tritium) évoquent un excès de leucémies infantiles et d'anomalies congénitales tant dans la population générale que chez les enfants des travailleurs exposés. Ces dernières sont corrélées dans une des études aux rejets liquides et gazeux du site nucléaire. Par ailleurs, il a été calculé une incidence de 10^{-6} effets héréditaires graves (1 cas par million) pour les populations qui consomment les poissons de la baie de la Severn à Cardiff en Grande-Bretagne. Des effets ont également été observés sur certains types de cellules sanguines (morphologie, activité enzymatique, aberrations chromosomiques) chez des travailleurs fortement contaminés.

L'évaluation de la toxicité du tritium pour l'Homme pose aujourd'hui problème à plusieurs niveaux.

Tout d'abord, on manque de données épidémiologiques fiables concernant les pathologies induites par l'exposition au tritium. Les données disponibles proviennent essentiellement d'études animales et d'études cellulaires *in vitro* : la question se pose de la légitimité d'une extrapolation de ces résultats à l'Homme.

Par ailleurs, ces études ont pour la plupart été menées après exposition à l'eau tritiée. Or près de 8% du tritium incorporé se retrouverait dans l'organisme sous forme de tritium organiquement lié (OBT). Le temps de séjour de l'OBT dans l'organisme, qui peut être très supérieur à celui de l'eau tritiée (50 fois plus dans les précurseurs de l'ADN comme la thymidine par exemple), ainsi que sa localisation dans la cellule (e.g. dans l'ADN), contribuent à augmenter l'irradiation reçue par elle-ci et notamment par le noyau. Les études expérimentales disponibles indiquent que l'effet de l'OBT sur les cellules pourrait être 2 à 3 fois plus élevé que celui de l'eau tritiée. Quant au tritium lié aux précurseurs de l'ADN (comme la thymidine), il serait selon diverses études 5 000 à 10 000 fois plus toxique chez les embryons de rongeurs. D'ailleurs, on ne connaît pas les niveaux d'incorporation du tritium dans l'ADN, pas plus que les mécanismes de réponse cellulaire aux effets du tritium (en termes de réparation, mortalité cellulaire, mutagenèse). Enfin, on sait que le tritium passe la barrière placentaire et que le fœtus, dont les tissus sont à renouvellement rapide, constitue une population sensible. Mais on ne connaît pas chez l'Homme les effets de l'exposition du fœtus au tritium organiquement lié.

D'autre part, on ne dispose aujourd'hui que de très peu de données expérimentales sur les expositions chroniques au tritium à faible dose et faible débit de dose. Or cette situation est la plus caractéristique des populations vivant autour des sites nucléaires, voire des travailleurs eux-mêmes.

De même, aucune étude n'est disponible concernant les particules tritiées et les composés organiques du tritium.

Enfin, plusieurs questions se posent qui ne sont pas spécifiques au tritium et concernent plus généralement la démarche d'évaluation du risque de la CIPR.

Tout d'abord, il conviendrait de prendre en compte les phénomènes que sont l'effet de voisinage et l'instabilité génomique transmissible. Le premier désigne les diverses modifications (mutations, réduction de la survie, ...) induites dans les cellules non irradiées situées au voisinage des cellules irradiées. L'instabilité génomique transmissible quant à elle se traduit par la survenue d'altérations biologiques diverses (remaniements chromosomiques, mutations, réduction de la survie cellulaire, ...) après plusieurs divisions de la cellule irradiée ou d'une cellule située dans le voisinage de celle-ci. La question se pose en outre de l'existence d'une éventuelle réponse adaptative (une première irradiation à faible dose atténue-t-elle les effets d'une irradiation ultérieure à forte dose ?).

Ensuite, les effets aléatoires pris en compte par la CIPR sont les cancers et les effets héréditaires graves (au sens de la CIPR) : d'autres effets héréditaires constituent de toute évidence un détriment et doivent être pris en compte. En outre, les différents types d'effets potentiels sur la santé doivent être explorés, et leur caractère aléatoire ou déterministe étudié.

Enfin, le calcul de la dose efficace engagée suite à une contamination intègre la sensibilité relative des différents tissus et organes aux effets aléatoires des rayonnements ionisants – sensibilité établie notamment par référence aux conséquences de l'exposition des populations aux rayonnements émis lors des bombardements d'Hiroshima et Nagasaki. Or les voies d'exposition au tritium sont l'inhalation, l'ingestion et la voie transcutanée. Il s'agit donc exclusivement d'une contamination interne, aux effets encore en partie mal connus.

La réponse à l'ensemble de ces questions pourrait être de nature à modifier les données établies par les instances internationales concernant la dose engagée à l'organisme par unité d'incorporation (= par

becquerel incorporé), et par voie de conséquence les limites annuelles d'exposition qui en découlent pour le public et pour les travailleurs (Tableau 1).

Précisons pour terminer que l'évaluation des effets d'une exposition au tritium est rendue d'autant plus délicate que cette exposition est elle-même très mal connue. En effet, chacune des deux formes HTO et OBT du tritium peut être assimilée sous les deux formes et dans des proportions différentes par les différents organismes vivants. La question se pose d'ailleurs d'un phénomène de bioamplification de la forme liée le long des chaînes trophiques. Le niveau et la nature de la contamination en tritium des aliments qui sont ingérés par l'Homme sont donc de ce fait mal connus ».

Tableau 1
Limites annuelles d'incorporation pour les personnes du public¹ et les travailleurs²
(en Bq/an)

		Adulte (public)	Enfant ≤ 1 an	Travailleurs
Inhalation	Eau tritiée HTO	$5,5 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^9$
	Tritium organique	$2,4 \cdot 10^7$	$9,1 \cdot 10^6$	
	Tritium gazeux HT	$5,5 \cdot 10^{11}$	$1,6 \cdot 10^{11}$	
	Méthane tritié CH ₃ T	$5,5 \cdot 10^9$	$1,6 \cdot 10^9$	
Ingestion	Eau tritiée HTO	$5,5 \cdot 10^7$	$1,6 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^9$
	Tritium organique	$2,4 \cdot 10^7$	$8,3 \cdot 10^6$	

calculées à partir des DPUI (CIPR 67, 1993 ; 69, 1994 ; 74, 1996 ; AIEA Coll. Sécurité n°115, 1997)
CIPR 61 (1990)