

Rayonnements ionisants : une affaire de dose

Pierre Bey
Institut Curie, Paris.

Les rayonnements ionisants (RI) peuvent ioniser les atomes en arrachant des électrons. Leur principale action biologique est une interaction directe ou indirecte avec l'ADN, suivie soit de mort cellulaire (action recherchée en thérapeutique), soit de restitution *ad integrum* (réparation efficace), soit de réparation dite fautive (avec une mutation). Ils sont électromagnétiques de fréquence élevée (photons X et gamma) ou particulaires : électrons, positons, particules alpha, hadrons.

Des sources diverses

Certaines sont naturelles : rayonnements cosmiques et radioactivité terrestre provenant des radioéléments (radio-nucléides émetteurs naturels de RI) présents depuis l'origine de la terre. À ces sources, d'importance très variable avec la latitude, l'altitude et la nature des sols, il faut ajouter l'irradiation interne de chaque individu due surtout au potassium 40 et celle due à l'inhalation de radon 222, également variable.

Artificielles, elles sont générées par l'homme depuis la découverte des rayons X en 1895 et de la radioactivité artificielle en 1934.

L'usage des rayonnements ionisants a transformé la pratique médicale : radiologie diagnostique et interventionnelle (74 millions d'examens par an en France), médecine nucléaire diagnostique et thérapeutique (1 million d'examens par an) et radiothérapie (180 000 malades irradiés par an). Ils sont aussi utilisés en biologie, pour la recherche scientifique et pour la production d'électricité (58 réacteurs nucléaires couvrent 89 % des besoins en France métropolitaine), les contrôles de pièces métalliques, la stérilisation de matériaux et denrées alimentaires...

Tableau. Doses moyennes reçues en France en mSv/an

Irradiation naturelle	
Rayonnement cosmique	0,3
Rayonnement terrestre	0,5
Radon	1,4
Rayonnement interne	0,3
Total	2,5 mSv (Clermont-Ferrand : 5 mSv)
Irradiation artificielle	
Médecine	1,3 (scanner = 40 %)
Retombées essais nucléaires	< 0,01
Centrales nucléaires	< 0,01
Industrie (autre)	< 0,001

Expression de la dose

On sait la mesurer, quelle que soit l'origine du rayonnement ionisant, avec une grande précision, grâce à des dosimètres, avec un seuil de l'ordre du microsievert.

On distingue :

- la dose absorbée : en gray (Gy), dose physique mesurable reçue par les tissus (fortes doses) ;
- la dose équivalente : en sievert (Sv) prenant en compte la qualité du rayonnement (1 Gy = 1 Sv ou 1 mGy = 1 mSv) ;
- la dose efficace : en millisievert (mSv), qui prend en compte rayonnement et tissu irradié ;
- l'activité : en becquerel (Bq), unité d'activité d'une source radioactive.

Effets biologiques des rayonnements

Effets obligatoires : à partir d'une dose seuil, des effets pathologiques directement liés aux lésions cellulaires apparaissent différents selon que l'irradiation de l'organisme est partielle ou globale. Après irradiation corporelle totale, l'impact clinique est observé à partir de 1 Gy, la mort peut survenir par aplasie médullaire (2 à 15 Gy), par troubles digestifs (10 à 20 Gy), par troubles neurologiques (> 20 Gy) ; après irradiation locale fractionnée (radiothérapie), des réactions surviennent à partir de 20 Gy (tissus à renouvellement rapide). Les réactions tardives après radiothérapie (Rt) locale (ou accidents) dépendent de la dose et des organes intéressés (fibrose, nécrose).

Cas particulier : la grossesse. Avant l'implantation (1 à 8 jours après fécondation), c'est la loi du tout ou rien : soit la dose est suffisante pour entraîner la mort de l'œuf fécondé (la non-implantation passera inaperçue), soit l'œuf survit et son développement sera normal. La mort de l'œuf peut survenir à partir d'environ 200 mSv, le risque augmentant avec la dose (50 % pour 500 mSv). Au cours du développement embryonnaire (2^e-9^e semaine), le risque de malformations est maximal mais pour des doses d'au moins 200 mSv. Au cours de la période fœtale (9^e-39^e semaine), ce risque diminue, mais le cerveau fœtal est particulièrement sensible : un retard mental est possible pour des doses au fœtus de plus de 500 mSv.

Effets aléatoires : pas de transmission de mutations génétiques responsables de malformations aux descendants des populations humaines irradiées. Le risque de cancer radio-induit, en revanche, est bien réel. Il peut être tardif, jusqu'à 50 ans. En pratique, ce risque, faible, n'est démontré (survivants d'Hiroshima et de Nagasaki, patients guéris après Rt) que pour des doses > 100 mSv (peut-être 50 mSv chez l'enfant). ●

P. Bey déclare être vice-président du conseil scientifique Santé & Energies d'EDF et conseiller du président de l'institut Curie.