

## LES FAIBLES DOSES

### AVANT-PROPOS

**La lecture, sans doute un peu fastidieuse, de cette fiche sera facilitée si elle succède à celle de la fiche N°1 « Environnement Radioactif ».**

## 1. POURQUOI S'INTERESSER AUX FAIBLES DOSES ?

L'effet des rayonnements ionisants sur les cellules vivantes est reconnu depuis le début du 20<sup>ème</sup> siècle. La corrélation entre les effets observés et la dose reçue est actuellement bien établie lorsqu'il s'agit des doses les plus élevées (voir fiche N° 1) mais il n'en n'est pas de même en ce qui concerne *les faibles doses*.

La connaissance des effets des faibles doses est cependant très importante car c'est essentiellement sur elle que s'appuie la réglementation pour imposer les limites acceptables pour la population et les travailleurs. Si elle est trop restrictive, elle créera une entrave inutile à l'usage industriel et médical de la radioactivité ; si elle est trop laxiste, elle pourrait permettre des dommages sanitaires qui auraient pu être évités. Y a-t-il oui ou non un seuil au-dessous duquel les effets de la radioactivité ne sont pas décelables ?

D'un point de vue médical et biologique, la réponse à cette question apparaît d'autant plus complexe qu'il existe une irradiation naturelle de nature et de niveau variable selon les régions avec des doses variant d'un facteur 1 à 100 ; par ailleurs les pathologies pouvant être radio-induites aux faibles doses, cancers notamment, ne sont pas spécifiques des rayonnements ionisants et leur fréquence spontanée est élevée (incidence de plus de 30 % dans les pays développés).

## 2. DEFINITIONS ET CONVENTIONS

L'homme vit depuis l'origine des temps dans un bain de rayonnements. Rayonnements venus de l'espace (cosmiques) et rayonnements émis par son milieu de vie, la terre (telluriques). Cette référence naturelle permet de mieux juger de l'importance des valeurs annoncées dans diverses communications et publications. Cette dose naturelle d'irradiation est de 2,5 millièmes de Sievert<sup>1</sup> par an en moyenne en France. Elle peut varier d'un facteur deux suivant le lieu dans notre pays et atteindre jusqu'à cinquante fois cette valeur dans certaines régions du monde.

De plus, il faut noter que le corps humain contient plusieurs éléments naturels dont la radioactivité totale, de l'ordre d'une dizaine de milliers de becquerels<sup>2</sup>, est responsable d'une dose interne de 0,25 millième de Sievert par an<sup>3</sup>.

Il faut également préciser ce que l'on entend par « Faible Dose ». Ce sont les doses en dessous desquelles il n'y a pas de différence de fréquence des cancers entre les groupes exposés et les groupes témoins non exposés. Ces données sont issues de l'épidémiologie complétée par des résultats expérimentaux. Sur ce fondement scientifique, le Comité des Nations Unies sur les Sources et Effets des Radiations Atomiques (UNSCEAR) ainsi que l'Académie des Sciences des Etats-Unis ont conclu que le domaine des "faibles doses" correspondait à des doses inférieures à 100 à 200 mSv reçues dans un temps court. Dans le domaine professionnel comme dans celui des populations pouvant être exposées aux rejets d'installations nucléaires, les doses et les débits de dose sont bien plus faibles. Dans ce texte, on appelle "faibles doses" des doses voisines de celle de l'irradiation naturelle annuelle.

<sup>1</sup> la dose efficace – plus couramment appelée la dose- reçue par un organisme vivant est exprimée en Sievert, unité qui tient à la fois compte de la quantité et de la nature du rayonnement (alpha, bêta, gamma, neutron) et de la radiosensibilité des tissus irradiés. On utilise fréquemment ses sous-multiples : le millième de Sievert ou milliSievert (mSv) et même le milliardième de Sievert ou microSievert (µSv)

<sup>2</sup> La radioactivité se mesure en Becquerel. Cette unité, très petite, correspond à la désintégration d'un atome radioactif par seconde . Elle s'exprime en général en becquerel par kilogramme (Bq/kg) ou en becquerel par litre (Bq/l).

<sup>3</sup> Georges CHARPAK, prix Nobel de Physique, a proposé d'utiliser comme référence cette quantité d'irradiation naturelle, pratiquement la même chez tous les individus dans le monde, sous le nom de DARI (Dose Annuelle due aux Rayonnements Internes) qui aurait l'avantage indéniable d'être une référence universelle de taille humaine, facile à utiliser et à comprendre. Elle s'exprime couramment en kilobecquerel ou en mégabecquerel

### 3. EFFETS DES RAYONNEMENTS

#### 3.1 TYPES D'EFFETS

Schématiquement, on observe deux types d'effets :

- les effets certains (dits *déterministes*). Ils apparaissent sur un individu dès que la dose reçue dépasse un seuil. Les seuils varient suivant l'effet. Au-delà du seuil, la gravité croît avec la dose reçue.
- les effets aléatoires (dits *stochastiques*). Ce sont les cancers et effets héréditaires. Cependant il n'a pas été mis en évidence dans l'espèce humaine des effets héréditaires même dans les populations irradiées dans lesquelles un excès de cancers a été observé. En pratique, l'étude des effets stochastiques s'est donc focalisée sur le risque cancer. Ces effets sont appelés stochastiques car rien ne permet de savoir quel individu sera atteint dans une population irradiée. Par ailleurs, bien souvent, rien ne distingue sur le plan clinique les cancers induits par les rayonnements de cancers d'autres origines (dont la fréquence naturelle est élevée). Enfin il s'agit de pathologies dont la fréquence d'apparition après irradiation est modeste : 5% d'excès de décès par cancer dans une population formée d'individus ayant reçu une dose de 1 Sievert (à débit de dose faible) .Il s'agit d'effets à long terme dont la fréquence croît avec la dose. On ne peut les observer que statistiquement sur des groupes très importants de population.

Le domaine des faibles doses est celui des effets aléatoires.

#### 3.2 ACTIONS SUR LA CELLULE

Les rayonnements interagissent simultanément avec toutes les structures de la cellule en créant des ionisations. Dans une cellule, la plupart des structures existent en de très nombreuses copies et l'altération d'une ou plusieurs de ces structures a peu de chance de perturber le fonctionnement cellulaire. Il en est tout autrement si l'irradiation touche l'A.D.N., support du patrimoine génétique. En effet, l'A.D.N. est une molécule unique qui a deux fonctions essentielles : d'une part sa duplication "à l'identique" permet la transmission sans modification du patrimoine génétique aux cellules lors de la multiplication cellulaire, d'autre part la lecture de gènes inscrits dans l'A.D.N. permet la fabrication de toutes les protéines et enzymes qui permettent le fonctionnement cellulaire. La cible fragile de la cellule est l'ADN qui est constitué de deux brins identiques enroulés. Le rayonnement peut casser un simple brin ou un double brin.

Dans une cellule normale placée dans une ambiance naturelle, du fait de son environnement métabolique, on peut constater chaque jour près de 90.000 cassures sur l'un des deux brins de l'ADN, et une dizaine de cassures sur les deux brins à la fois.

Ces lésions seraient incompatibles avec la vie de la cellule si elles n'étaient réparées par un puissant système cellulaire de réparation de l'ADN.

Il a été montré que 1 Sievert délivré en un temps très court (effet maximum) cause environ 1.000 cassures simple brin et une quarantaine double brin.

Aux faibles débits de dose, le stock enzymatique des cellules suffit pour réparer les lésions. Aux forts débits de dose, le système est moins efficace. A l'extrême, une cellule trop lésée subit l'*apoptose* ou *mort programmée de la cellule* et l'élimination de la cellule.

#### 3.3 ORDRES DE GRANDEURS

Les appareils disponibles et couramment utilisés sont capables de mesurer des niveaux d'irradiation très largement inférieurs au niveau naturel. Cela conduit souvent à confondre seuil de mesure avec niveau de risque.

Il n'y a pas d'observation d'effet clinique à court terme pour une irradiation instantanée inférieure à 0,5 Sievert (irradiation globale aiguë).

L'irradiation médicale en France délivre en moyenne une dose de l'ordre de 1,25 milliSievert.

L'utilisation industrielle de la radioactivité entraîne pour la population une exposition d'environ 0,01 à 0,05 milliSievert par an. Pour mémoire, la limite de dose annuelle pour le public résultant des expositions autres que naturelles ou médicales est de 1 mSv.

## 4. L'AVIS DES EXPERTS

Deux niveaux d'expertise interviennent dans le domaine de l'évaluation des effets des rayonnements ionisants et dans celui de la mise en œuvre de la protection contre ces effets : les instances internationales et les organismes nationaux.

### 4.1 LES INSTANCES INTERNATIONALES.

L'instance de référence est la Commission Internationale de Protection contre les Rayonnements (ICRP ou CIPR) depuis sa création en 1928 par des spécialistes en radiologie. Par ses recommandations, cet organisme indépendant (O.N.G) oriente toutes les législations internationales et nationales. Pour les besoins de la gestion de la radioprotection, elle a préconisé une relation linéaire sans seuil entre la dose et l'effet, extrapolée à partir du suivi des populations irradiées à débit de dose élevé comme à Hiroshima et Nagasaki. Cette position est conservatrice, a parfois été mise en œuvre sans discernement et fait l'objet de débats plus sociétaux que scientifiques.

La tendance actuelle est une révision prenant en compte l'expérience des cinquante années de mise en œuvre de l'énergie nucléaire. Cela se traduit en particulier par la proposition de gérer les contraintes au niveau des sources. La dernière proposition, projet de futures recommandations 2005, ne prévoit pas de modifier les limites de dose.

L'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA ou IAAE) et le Comité Scientifique des Nations Unies pour l'Etude des Effets des Rayonnements Ionisants (UNSCEAR) sont des organismes intergouvernementaux qui concourent à l'étude et l'évaluation des effets des radiations. Abel GONZALES, Directeur à l'AIEA., a proposé de classer l'intérêt d'une intervention destinée à limiter les effets d'une irradiation en trois niveaux. Au-dessous de 10 mSv, l'intervention est généralement inutile.

L'Agence de l'Energie Nucléaire de l'Organisation de Coopération et de Développement Economique (AEN-OCDE) et son Comité de Protection contre les Radiations et de Santé Publique (CPRRSP ou CRPPH) interviennent par des prises de positions. Ce comité interagit avec la CIPR et a souligné la nécessité de clarifier les différents niveaux de référence et limites proposées par la CIPR.

La Communauté Européenne a transposé en l'année 2000, dans une Directive, les recommandations de la CIPR de l'année 1990 qui préconisent un abaissement des limites de dose à 1 mSv en moyenne par an pour les membres du public et à 100 mSv en moyenne sur 5 ans sans dépasser 50 mSv par an pour les travailleurs exposés.

### 4.2 LES ORGANISMES NATIONAUX

En France, les experts s'expriment au sein de l'Académie des Sciences, de l'Académie de Médecine et de l'Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire (IRSN) et du Commissariat à l'Energie Atomique. Les résultats interprétables par les experts scientifiques ou institutionnels sont issus :

(1) de l'étude des mécanismes des effets des rayonnements tant à fortes qu'à faibles doses sur des effets biologiques précoces ou des cancers

(2) d'études expérimentales permettant de comparer sur des souches de fonds génétiques variés les effets tardifs à différents débits de dose et types de rayonnements

(3) et enfin d'études épidémiologiques très délicates à interpréter aux faibles doses. Pour atteindre des certitudes raisonnables, il faudrait disposer de populations considérables. Pour apprécier cette importance il faut indiquer, par exemple, qu'une enquête devrait suivre 2 millions de personnes pendant plusieurs dizaines d'années pour mettre en évidence de façon certaine un effet éventuel d'une dose de 100 mSv.

La position des experts scientifiques français, d'une manière générale, souligne la nécessité d'une clarification sur l'interprétation de l'extrapolation vers les faibles doses des effets constatés aux doses élevées. L'extrapolation linéaire sans seuil répond à un besoin de gestion de la radioprotection. Ce n'est, en aucun cas, la démonstration d'un excès de cancer dès que les doses et débits de doses atteignent le niveau de celles et de ceux de l'environnement naturel. Il faut également souligner la complexité des relations entre effets biologiques précoces et apparition de pathologie tardive comme les cancers. Si certains effets biologiques précoces répondent bien à une relation linéaire sans seuil, au moins pour certains types de rayonnements, ceci ne signifie en aucun cas qu'une extrapolation est possible pour en déduire un risque de cancer correspondant. Les experts scientifiques professent également que ce n'est que par les résultats des recherches en cours sur le mécanisme d'induction et de développement des cancers que la validité des hypothèses très prudentes actuelles pourra être établie.

## 5. FAUT-IL DIMINUER LES DOSES ?

En vertu du principe de précaution (voir fiche N°11) et du principe "ALARA" (voir fiche N°1), il faut toujours tendre à diminuer les doses reçues par les individus mais il faut considérer le problème dans son ensemble.

La dose effective reçue par la population résulte du cumul de la radioactivité naturelle, des traitements médicaux, de l'utilisation médicale, des suites (très localisées) des accidents nucléaires et des retombées des essais nucléaires militaires. Il faut donc agir sur tous les paramètres.

- Pour la radioactivité naturelle, une action est en cours pour réduire les émanations de radon dans les habitations en accroissant les taux de renouvellement de l'air par la ventilation et en améliorant l'étanchéité vis à vis du sol.
- L'utilisation à des fins thérapeutiques fait l'objet en permanence de progrès techniques considérables qui conduisent à une réduction des doses, tant pour les opérateurs que pour les patients.
- La sûreté des installations nucléaires fait des progrès continus par l'exploitation des retours d'expérience encadrée par les Autorités de Sûreté et de Radioprotection dont l'importance ne cesse de grandir à travers des inspections quasi permanentes et les prescriptions qui en découlent.
- Les rejets sont en diminution constante en volume et en radioactivité ; les procédés de traitements sont de plus en plus performants ; les transports sont très réglementés et surveillés.
- Les essais militaires sont arrêtés.

Mais pour autant faut-il abaisser les limites réglementaires sans fonder cette décision sur des justifications scientifiques ?

## 6. CONCLUSION

Les faibles doses s'inscrivent dans un domaine où la possibilité d'un effet nocif peut être compensée par celle d'un effet bénéfique comme le prouvent à la fois l'expérience passée et les observations et recherches actuelles.

Cependant le législateur, s'appuyant sur le Principe de Précaution, cède facilement à la tentation de durcir une réglementation et d'abaisser des limites dont la sévérité ne repose déjà plus sur un fondement scientifique. Cette tendance qui suit plus les progrès des techniques industrielles, l'accroissement de la sensibilité des mesures et un climat irrationnel d'inquiétude que la mise en évidence de risques, peut conduire à des effets pervers.

Il est certain que dans ce domaine l'application d'un principe de précaution est légitime. Mais elle ne doit pas conduire à des contraintes économiques sans commune mesure avec un risque potentiel qui fait l'objet d'une surveillance et de recherches permanentes.

-----