

Les effets biologiques des rayonnements ionisants

La radioactivité est un phénomène naturel auquel nous sommes exposés quotidiennement. Elle provient de nombreuses sources, tant naturelles qu'artificielles, qui émettent des rayonnements d'intensité variable.

Plus des deux tiers des rayonnements ionisants auxquels nous sommes exposés proviennent de la nature et constituent ce qu'on appelle le «bruit de fond». Certains sont d'origine cosmique, tandis que d'autres sont émis par des substances naturellement radioactives présentes dans l'écorce terrestre, comme le potassium et l'uranium. Le corps humain est lui-même légèrement radioactif, en raison notamment de la présence de potassium dans l'organisme.


En plus des sources de rayonnements naturels, plusieurs appareils créés par l'humain constituent des sources de rayonnement. C'est le cas de certains appareils à usage médical (rayons X, radiothérapie, etc.) et de divers autres d'usage quotidien comme les détecteurs de fumée, les téléviseurs, etc. C'est aussi le cas des réacteurs nucléaires.

Les doses d'exposition courante

Les Canadiens sont exposés naturellement à une dose annuelle moyenne de 2 à 3 millisieverts. Cette dose peut varier selon le lieu de résidence. En altitude ou dans les régions montagneuses, l'exposition aux rayons cosmiques est plus intense qu'au niveau de la mer, où l'atmosphère plus dense assure une meilleure protection. Par ailleurs, la radioactivité naturelle des sols diffère considérablement d'une région à l'autre à travers le monde. Par exemple, les habitants de la région de Kérala, en Inde, sont beaucoup plus exposés que ceux vivant en Amérique du Nord.

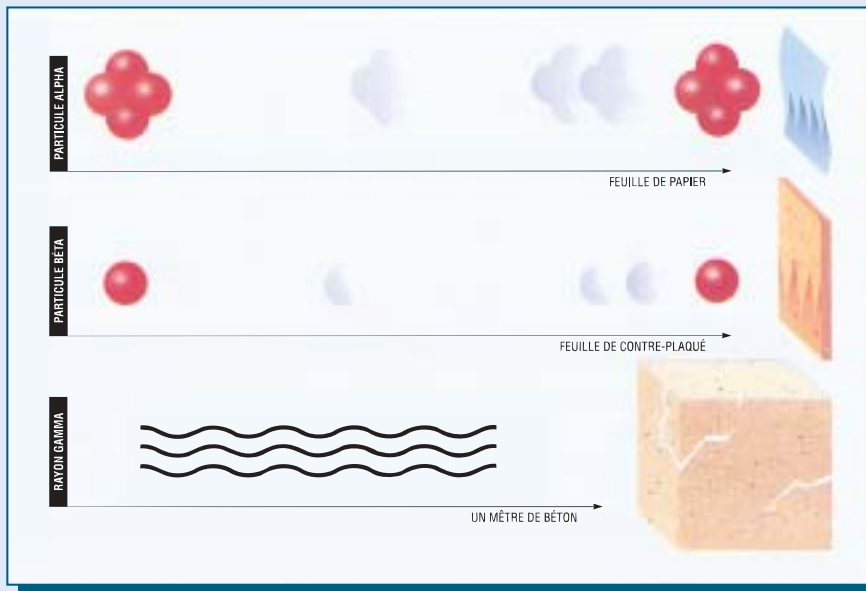
Un seul voyage en avion, de Montréal à Vancouver par exemple, expose les passagers à une dose de rayonnement d'environ 0,05 millisievert. Par comparaison, les personnes vivant aux abords d'une centrale nucléaire reçoivent annuellement une dose de l'ordre de 0,01 millisievert.

Outre la radioactivité naturellement présente dans l'environnement, les Canadiens sont aussi exposés à une dose annuelle moyenne de 0,4 à 1 millisievert lors de traitements médicaux ou de radiographies, ainsi qu'à une dose minimale provenant d'appareils d'usage quotidien.



En altitude, l'exposition aux rayons cosmiques est plus intense qu'au niveau de la mer. Ainsi, un seul voyage en avion, de Montréal à Vancouver par exemple, expose les passagers à une dose de rayonnements de 0,05 millisievert.

Plus des deux tiers des rayonnements auxquels nous sommes exposés proviennent de la nature.



Le pouvoir de pénétration des divers rayonnements ionisants varie : ils peuvent cependant être arrêtés par des écrans protecteurs d'une épaisseur suffisante.

Une simple feuille de papier suffit à arrêter les particules alpha; une feuille de contre-plaqué peut arrêter les particules bêta, tandis que plusieurs centimètres de plomb ou jusqu'à un mètre de béton sont nécessaires pour atténuer considérablement les rayons gamma.

Qu'est-ce qu'un rayonnement ionisant ?

L'univers est formé d'une multitude de matériaux différents. Tous, cependant, sont composés de diverses combinaisons d'une centaine de types d'atomes de base appelées éléments.

La plupart des atomes se présentent sous forme stable. Certains d'entre eux sont toutefois instables, c'est-à-dire qu'ils possèdent un surplus d'énergie qui est libéré sous forme de petites particules appelées rayonnements. On les qualifie alors de radioactifs. Les atomes radioactifs les plus connus sont le radium 226, l'uranium 235 et le cobalt 60.

Lorsqu'ils entrent en contact avec la matière, les rayonnements émis par les substances radioactives provoquent des réactions au niveau des atomes. Ce faisant, ils perdent une partie ou la totalité de leur énergie. Selon le type de rayonnement et la dose reçue, ces réactions peuvent engendrer l'altération chimique de certaines substances du corps humain.

Divers appareils ont été conçus pour mesurer les doses de rayonnement. L'unité de mesure utilisée par ces appareils est le sievert.

Types de rayonnements

Quand un atome radioactif se désintègre, il peut produire divers types de rayonnements. Les trois principaux types sont les particules alpha, les particules bêta et les rayons gamma. Ils se distinguent à la fois par leur pouvoir de pénétration et par le danger qu'ils représentent pour l'organisme.

Les particules alpha

Les particules alpha sont constituées de noyaux d'hélium. Leur pouvoir de pénétration est très faible : une simple feuille de papier suffit à les arrêter. Cela s'explique par leur faible vitesse et par leur charge électrique relativement élevée. Leur réaction avec les atomes formant les cellules du corps est forte et elles perdent rapidement toute leur énergie.

Tant qu'elles demeurent à l'extérieur du corps, ces particules ne présentent aucun danger. Par contre, si des substances émettrices de particules alpha sont inhalées ou ingérées, les conséquences sont plus importantes. Ces substances peuvent se loger dans certaines parties du corps, comme les poumons ou les os, et les particules émises peuvent atteindre les tissus environnants.

Les particules bêta

Les particules bêta (électrons) sont généralement plus rapides que les précédentes et leur charge électrique est plus faible. Leur pouvoir de pénétration est donc plus grand; pour les arrêter, il faut l'équivalent d'une feuille de contre-plaqué ou d'une plaque d'aluminium. Elles peuvent ainsi pénétrer dans les tissus qui sont en surface du corps, comme la peau ou les yeux.

Si une substance émettrice de particules bêta est ingérée ou inhalée, les effets sont de même nature que ceux produits par les particules alpha. Cependant, comme les particules bêta effectuent un plus long parcours en pénétrant dans le corps, les effets sont plus diffus, donc moins graves.

Les rayons gamma

Les rayons X, tout comme les rayons gamma, sont des rayonnements électromagnétiques de même nature que la lumière. Ils peuvent transporter une quantité importante d'énergie. Ils n'ont pas de masse ni de charge électrique et peuvent pénétrer profondément dans les tissus. On ne peut les atténuer qu'au moyen d'une épaisseur suffisante de béton, d'eau ou d'autres matériaux protecteurs denses, par exemple le plomb.

Normes de radioprotection et limites d'exposition

Les connaissances accumulées par les scientifiques dans le domaine des rayonnements ionisants reposent sur l'observation en laboratoire d'animaux et celle, depuis quatre générations, des survivants d'Hiroshima et de Nagasaki. Elles reposent aussi sur l'observation de personnes irradiées au travail et de malades traités par des rayonnements ionisants.

En se fondant sur ces diverses études, la Commission internationale de protection radiologique (CIPR), un organisme indépendant formé de spécialistes des secteurs médical et scientifique, a établi des limites d'exposition aux rayonnements ionisants. Ces normes sont révisées périodiquement à la lumière des nouvelles connaissances en la matière.

L'exposition maximale fixée par la CIPR est définie comme celle qui ne doit pas provoquer d'effets immédiats (effets déterministes), ni atteindre un niveau inacceptable pour ce qui est des risques d'effets à long terme (effets stochastiques).

En vertu de la Loi sur la sûreté et la réglementation nucléaire, c'est la Commission canadienne de sûreté nucléaire (CCSN) qui veille à l'élaboration et à l'application des normes de radioprotection au Canada. Ces normes, inspirées de celles de la CIPR, visent à prévenir ou limiter l'apparition d'effets biologiques en restreignant les doses que peut recevoir une personne pour une période donnée.

Les limites d'exposition pour les travailleurs soumis à des rayonnements, comme le personnel de la centrale de Gentilly-2, ne sont pas les mêmes que pour l'ensemble de la population. La limite d'exposition de l'organisme entier pour les travailleurs, est en moyenne de 20 millisieverts par année. Elle est de 1 millisievert par année pour la population en général.

Les catégories de risques et leurs conséquences

Les risques associés aux rayonnements ionisants sont de trois ordres : l'irradiation externe, la contamination de l'air et la contamination de surface.

Le corps humain peut être atteint par la radioactivité en étant exposé à distance aux rayonnements émis par les matières radioactives. On parle alors d'irradiation externe. Il peut aussi être atteint par contact avec les matières radioactives. On parle alors de contamination interne ou cutanée.

Les conséquences sur l'organisme dépendent de plusieurs facteurs, notamment le type de rayonnement, la dose absorbée et la durée de l'exposition.

Quand une dose de rayonnement est reçue rapidement - quelques minutes à quelques heures - l'organisme a moins de chances d'être en mesure de réparer les dommages subis. Les effets biologiques risquent donc d'être plus importants. On parle ici de dose aiguë. Par contre, si la dose est étalée dans le temps - quelques jours à quelques années - l'organisme a alors davantage de temps pour réparer ses dommages. On parle alors de dose chronique.

De la même façon qu'une brûlure aura des conséquences différentes selon qu'elle atteigne le corps entier ou seulement une de ses parties, l'irradiation de l'organisme entier est plus grave qu'une atteinte à un organe particulier du corps. En outre, certains organes sont plus sensibles que d'autres.

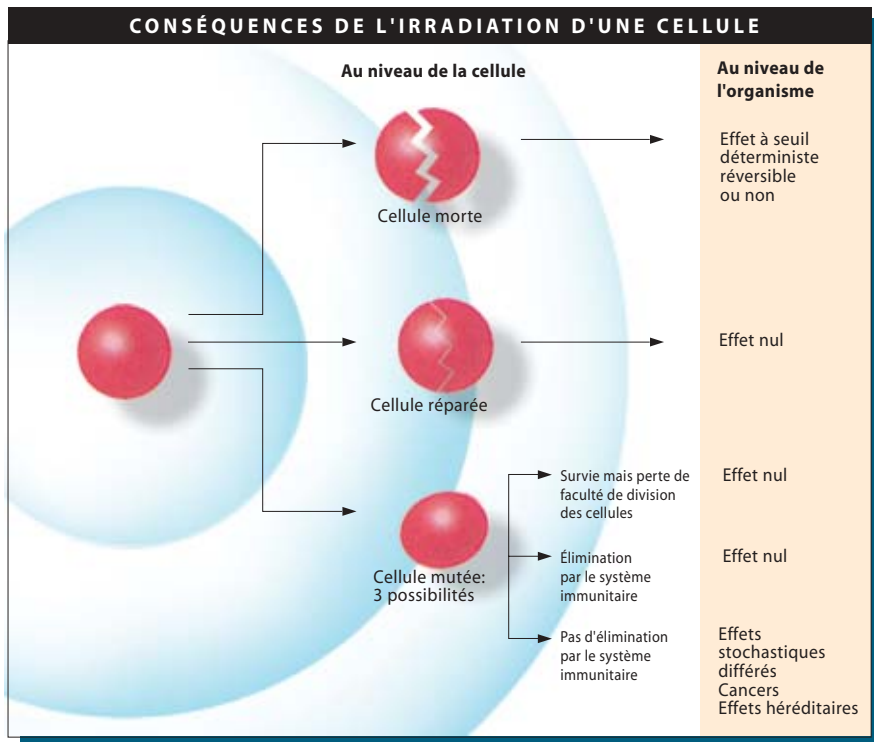
Dans certains cas, les rayonnements peuvent toucher des molécules importantes telles que l'ADN (acide désoxyribo-nucléique), un code chimique inscrit dans les chromosomes du corps. Dans d'autres cas, elles peuvent toucher des molécules de moindre importance.

Parmi les tissus vivants touchés par une irradiation globale du corps, la moëlle osseuse, où se forment les cellules sanguines, est la plus susceptible d'être altérée. Outre la moëlle osseuse, les tissus les plus sensibles sont les organes génitaux, les intestins et la peau.



Le corps humain peut être atteint par la radioactivité par une exposition à distance aux rayonnements, par contact avec des matières radioactives ou en les incorporant.





Les conséquences sur l'organisme de l'irradiation dépendent de plusieurs facteurs comme le type de rayonnement, la dose absorbée et la durée de l'exposition.

Les effets biologiques de l'irradiation de l'organisme se répartissent quant à eux en deux catégories : ceux qui se produisent systématiquement lorsque l'organisme est soumis à une certaine dose de rayonnement (effets déterministes) et les effets dont l'apparition n'est pas liée à une dose précise (effets stochastiques).

(Illustration reproduite du feuillet *Les effets biologiques des rayonnements ionisants* d'Électricité de France)

Types d'effets biologiques

Les effets biologiques se répartissent en deux catégories : les effets déterministes et les effets stochastiques.

Les effets déterministes

On appelle effets déterministes ceux qui se produisent systématiquement lorsque l'organisme est soumis à une certaine dose de rayonnement. On parle aussi d'effets à seuil, c'est-à-dire qu'ils ne se manifestent qu'au-dessus d'une certaine dose. Il n'y a pas d'effets déterministes pour les doses de moins de 100 millisieverts.

Ces effets se manifestent de quelques minutes à plusieurs semaines après l'irradiation. Leur gravité varie selon la dose reçue, la nature des organes irradiés et l'étendue de la zone du corps exposée aux rayonnements.

Les effets stochastiques

On appelle effets stochastiques ceux dont l'apparition n'est pas liée à une dose précise. On dit aussi effets aléatoires ou sans seuil. En fait, on sait que ces effets apparaissent en cas d'exposition à de fortes doses : mais lorsqu'il s'agit de doses plus faibles, on n'a pas établi avec précision dans quelle mesure ils sont susceptibles d'apparaître.

Les effets stochastiques peuvent se manifester chez la personne irradiée elle-même, sous forme de cancer par exemple, ou peut-être chez ses descendants. Dans ce dernier cas on parle d'effets héréditaires. Ceux-ci risquent d'apparaître si les testicules ou les ovaires ont été irradiés. Étant donné la complexité des mécanismes en cause, il est difficile d'en prévoir avec exactitude les conséquences chez l'être humain. On n'a jamais observé de tels effets, même chez les personnes irradiées à Hiroshima et Nagasaki.

Par mesure de prudence, on suppose que la probabilité d'apparition des effets héréditaires augmente également avec l'intensité de la dose reçue.

Effets d'une irradiation de l'organisme humain et doses repères

100 millisieverts (0,1 Sv ou 10 rem)	<p>Elle peut provoquer la mort par cancer de 5 à 50 ans plus tard chez 5 personnes sur 1 000.</p> <p>Dans la plupart des cas, on ne constate d'effets déterministes qu'à des doses supérieures à celle-ci.</p>
150 millisieverts (0,15 Sv ou 15 rem)	<p>Les effets cliniques de l'exposition aux rayonnements ne sont observables qu'en cas d'exposition aiguë supérieure à cette dose. Les symptômes sont une diminution de la fertilité chez l'homme et une modification de la formule sanguine; l'une et l'autre sont temporaires.</p>
400-500 millisieverts (0,4-0,5 Sv ou 40-50 rem)	<p>Une exposition aiguë de l'ensemble du corps peut provoquer la nausée et des vomissements. La probabilité de mort par cancer de 5 à 50 ans plus tard est de 4 à 5 %.</p>
2 000 millisieverts (2 Sv ou 200 rem)	<p>Une irradiation localisée provoque une rougeur de la peau. Une irradiation générale nécessite l'administration d'un traitement médical dans un centre spécialisé.</p>
3 000 millisieverts (3 Sv ou 300 rem)	<p>Une irradiation aiguë de l'organisme entier à une telle dose, entraîne la mort dans 50 % des cas en l'absence de traitements.</p>
10 000 millisieverts (10 Sv ou 1 000 rem)	<p>Exposition standard de tout l'organisme des leucémiques aux rayons gamma pour détruire leur moëlle osseuse avant une greffe de moëlle saine.</p>
18 000 millisieverts (18 Sv ou 1 800 rem)	<p>Une irradiation localisée de la peau provoque la formation de cloques. Une irradiation localisée de la peau provoque une nécrose, c'est-à-dire la mort des cellules ou des tissus touchés.</p>
400 000 millisieverts (400 Sv ou 40 000 rem)	<p>Exposition type de la thyroïde durant un traitement contre le cancer à l'iode 131.</p>
200 000 à 600 000 millisieverts (200-600 Sv ou 20 000-60 000 rem)	<p>Exposition administrée pour éliminer une tumeur cancéreuse lors d'un traitement localisé.</p>

Gentilly-2
Les effets biologiques
des rayonnements ionisants

Hydro-Québec
505, rue des Forges
Trois-Rivières (Québec)
G9A 6H1

Tél. : (819) 378-4581, poste 3801
Télécopieur : (819) 694-3991

Révision 2001
Hydro-Québec © 1992
Dépôt légal - 3^e trimestre 1992
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN 2-550-26820-2

This publication is available in English.