

Feuille d'information

Décembre 2019

La radioactivité dans la vie quotidienne

Pour beaucoup, le rayonnement émis par les substances radioactives est d'autant plus inquiétant qu'à l'instar de nombreux poisons chimiques il est invisible, inodore et impalpable. Reste que la radioactivité est omniprésente dans la nature et que la vie y est adaptée depuis plusieurs milliards d'années. Les chercheurs, qui étudient ce phénomène naturel depuis un siècle, ont constaté qu'à faible dose le rayonnement présente des risques minimes pour la santé et pourrait même avoir des effets bénéfiques.

La radioactivité est présente partout et en tout temps. Même notre corps est radioactif: chacune de nos cellules abrite environ un million d'atomes radioactifs. A chaque seconde, quelque 9000 atomes radioactifs – il s'agit en majeure partie des atomes de potassium naturellement présents dans la nourriture que nous ingérons – se désintègrent à l'intérieur de notre corps en émettant un rayonnement.

Mais notre corps contient aussi par nature du carbone radioactif (le carbone 14 utilisé pour la datation des matériaux organiques), de l'uranium et du thorium ainsi que les produits radioactifs de leur désintégration (radium, radon, polonium, etc.).

La radioactivité nous entoure

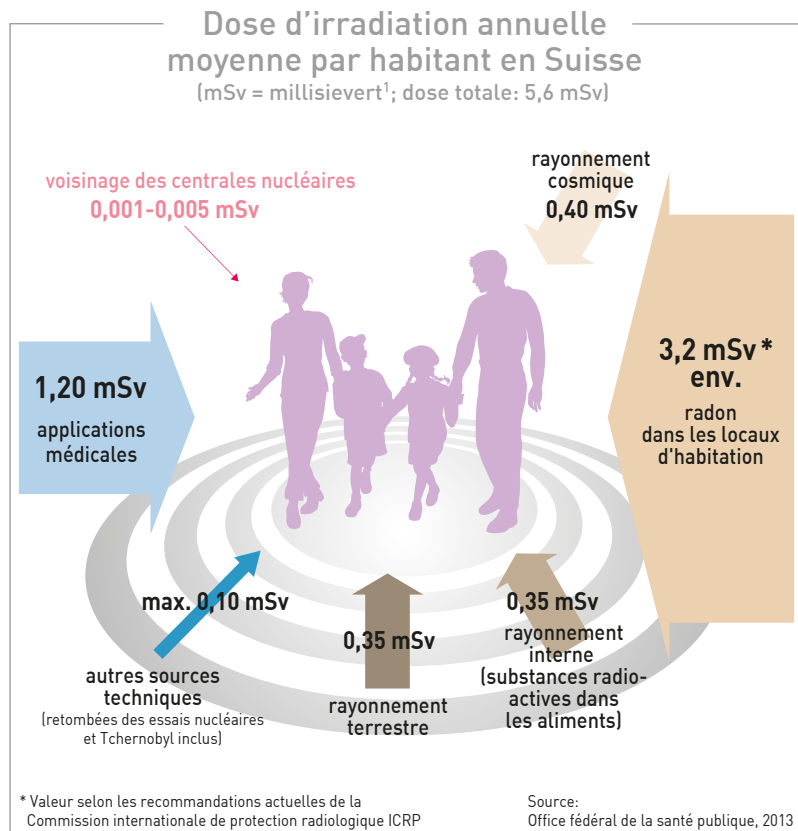
Comme nos sens ne nous permettent pas de percevoir le rayonnement des substances radioactives, la radioactivité n'a été découverte que tardivement (à la fin du 19^e siècle), et plutôt par hasard, par le physicien français Henri Becquerel. Elle a ensuite été décrite par Marie Curie, Wilhelm Röntgen et d'autres scientifiques. Aujourd'hui, nous savons que les substances radioactives sont omniprésentes.

Toutes les denrées alimentaires, de même que l'eau potable, sont par nature faiblement radioactives. Les aliments qui, comme la banane, contiennent un fort taux de potassium présentent une radioactivité comparativement plus élevée. Par ailleurs, l'activité des aliments varie fortement selon la composition géologique du sous-sol. Ainsi, dans l'Etat indien du Kerala, où la roche est particulièrement riche en thorium, l'activité des pommes de terre est 30 fois plus élevée qu'ailleurs. En outre, à chaque fois qu'il commence à pleuvoir, la radioactivité augmente en raison du lessivage du radon et des produits radioactifs de sa désintégration naturellement présents dans l'air.



Les substances radioactives sont présentes partout dans notre environnement naturel et dans notre alimentation. La radioactivité des bananes est comparativement élevée, sans qu'il y ait lieu de s'en inquiéter.

Photo: Shutterstock



Effets de la géologie et de l'altitude

La nourriture n'est cependant responsable que d'une faible part de l'irradiation totale que nous subissons (voir le graphique ci-contre). Le rayonnement terrestre (roches et matériaux de construction) et le rayonnement cosmique entraînent chacun une irradiation comparable.

Là aussi, on observe de grandes différences d'un endroit à l'autre (voir la carte en bas à gauche). Pour des raisons géologiques, le rayonnement terrestre est plus fort dans les Alpes que sur le Plateau. Par ailleurs, plus l'altitude augmente, moins le rayonnement cosmique est atténué par l'atmosphère, si bien que l'irradiation peut être deux fois plus élevée dans les vallées de montagne qu'en plaine. Le rayonnement cosmique est encore plus intense lors des vols en avion: à une altitude de 10'000 mètres, il est environ cent fois plus fort qu'au sol.

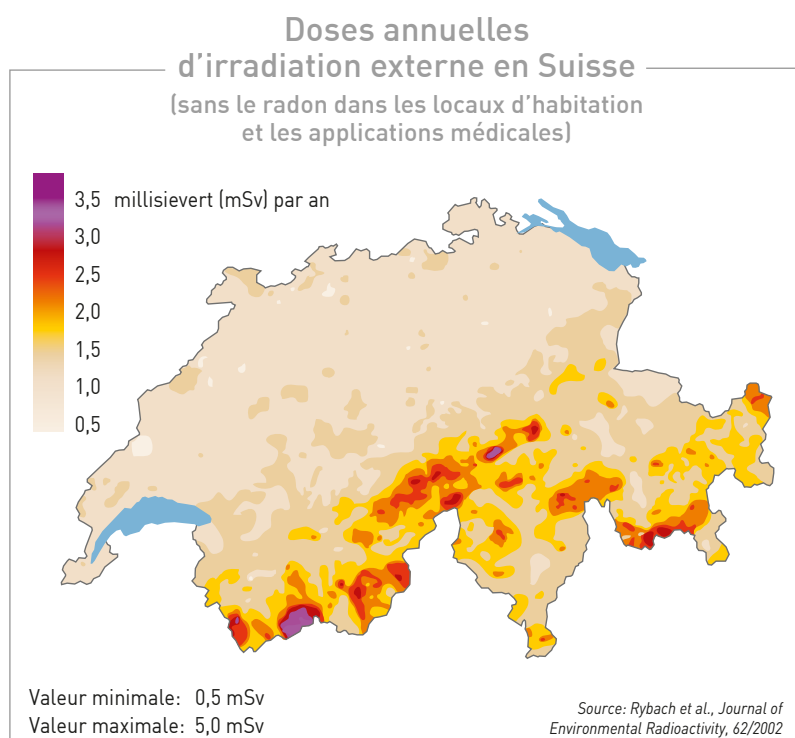
Le radon, responsable de la majeure partie de la radioactivité naturelle

En Suisse, la majeure partie de la radioactivité naturelle est due au radon. Il s'agit d'un gaz noble qui est produit par la désintégration radioactive de l'uranium naturel contenu dans nos roches et qui se désintègre à son tour en d'autres substances radioactives. Le radon se dégage du sol et, dans les locaux mal aérés, les produits de sa désintégration peuvent s'enrichir et pénétrer dans les poumons par les voies respiratoires. Il est présent partout en Suisse, avec de très fortes variations locales. C'est avant tout dans les Alpes et le Jura, mais aussi dans certaines régions du Plateau qu'on en trouve les concentrations les plus élevées.

Médecine: des doses considérables réparties de façon hétérogène

Une part essentielle de la dose d'irradiation collective reçue chaque année en Suisse provient de la médecine et en particulier des méthodes diagnostiques basées sur les rayons X. Une seule tomodensitométrie (examen au scanner) peut délivrer en quelques secondes une dose allant jusqu'à 10 millisieverts (mSv)¹, soit la moitié de la dose annuelle admise pour le personnel exposé professionnellement aux radiations.

Comme dans le cas du radon, la répartition des doses reçues est très hétérogène. Près des deux tiers de la population ne reçoivent prati-



¹ Pour la définition du millisievert, voir page 6.

40'000 mSv:	Irradiation d'une tumeur cancéreuse ³	FEUILLE D'INFORMATION DÉCEMBRE 2019 Forum nucléaire suisse
8000 mSv:	Dose de choc qui, malgré une intervention médicale, provoque la mort de la moitié des personnes touchées (LD ₅₀) ³	
3500-4000 mSv:	Dose de choc qui, en l'absence d'intervention médicale, provoque la mort de la moitié des personnes touchées (LD ₅₀) ³	
1000 mSv:	Dose de choc à partir de laquelle les symptômes du syndrome d'irradiation aiguë apparaissent ³	
1000 mSv:	Voyage aller-retour sur Mars (500 jours) ¹⁰	
200-1000 mSv:	Augmentation de la probabilité de survenance de certains cancers ³	

500 millisievert (mSv)

Exposition au rayonnement à Ramsar, Iran⁹: jusqu'à 260 mSv par an

quement aucune dose due aux diagnostics médicaux. Pour un faible pourcentage d'habitants, la dose reçue peut cependant atteindre plus de 10 mSv par an.

Centrales nucléaires: quasiment aucune émission

Qu'il s'agisse des sources radioactives utilisées dans l'industrie et la recherche, des objets faiblement radioactifs de la vie quotidienne, des retombées des essais de bombes atomiques effectués il y a un demi-siècle ou de celles de l'accident nucléaire de Tchernobyl survenu en avril 1986, les sources techniques de radiations ne représentent qu'une part minime de l'irradiation totale. Encore plus faibles, les doses d'irradiation au voisinage des centrales nucléaires suisses sont insignifiantes par rapport à la radioactivité naturelle.

Importantes différences d'un pays à l'autre

Le graphique à la page 4 compare entre elles les doses typiques d'irradiation dues à différentes sources naturelles et artificielles de radioactivité. En tenant compte de toutes ces sources², l'exposition moyenne d'un habitant de notre pays s'élève, selon les calculs de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP), à 5,6 mSv par an, avec toutefois des variations importantes d'un individu à l'autre.

Dans d'autres régions du monde, la radioactivité naturelle du sol dépasse déjà de beaucoup ce chiffre. Par exemple, elle s'élève à 7,8 mSv par an en Cornouailles (Angleterre) et est encore plus élevée au Brésil (plage de Guarapari), en Inde (Etat du Kerala) et en Iran (station thermique de Ramsar au bord de la mer Caspienne) en raison de la forte teneur du sol en thorium et en uranium d'origine naturelle.

Les valeurs mesurées à ces endroits sont égales ou supérieures (et de loin) aux doses d'irradiation mesurées dans la plus grande partie des zones évacuées suite à l'accident nucléaire de Fukushima survenu en mars 2011 et dans lesquelles il est par endroits toujours interdit d'habiter.

Or, dans les régions mentionnées au paragraphe précédent, rien n'indique que la population connaisse davantage de problèmes de santé en raison de la radioactivité.

Le transfert d'énergie, source de dommages

La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) a été fondée en 1928 déjà, dix ans avant la découverte de la fission nucléaire, lorsqu'on s'est rendu compte que le rayonnement – si utile qu'il soit en médecine et dans l'industrie – pouvait aussi être nocif. Les recommandations de la CIPR constituent aujourd'hui le fondement de la législation en matière de radioprotection dans la plupart des pays du monde.

Le «rayonnement radioactif», qu'il soit de type alpha, bêta ou gamma (voir p.6), implique un transfert d'énergie: lorsqu'il interagit avec les atomes et molécules constituant la cellule, le rayonnement leur transmet une partie de son énergie, ce qui peut provoquer des ruptures de liaisons chimiques ou des altérations de l'ADN (molécule porteuse du code génétique).

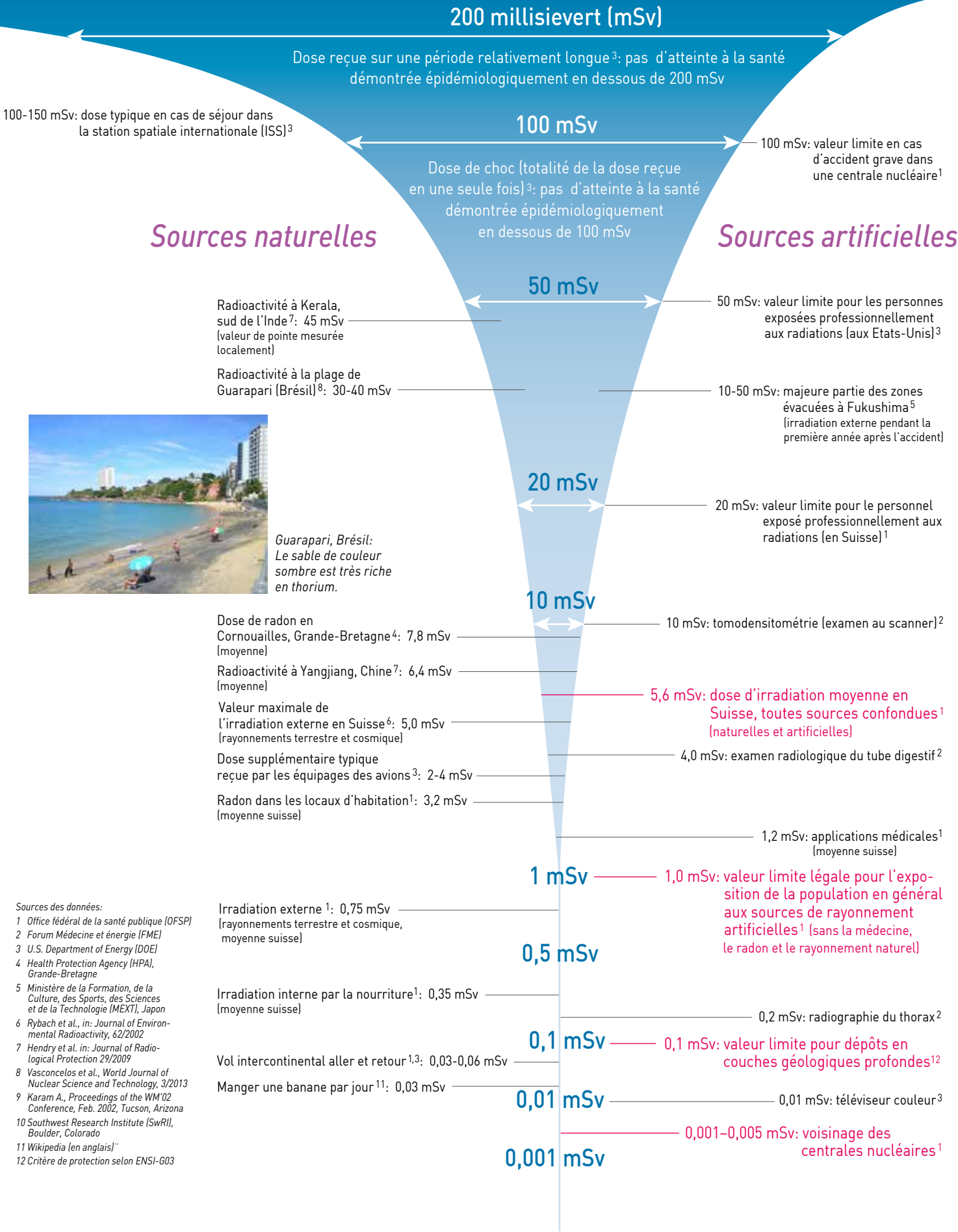
Relevons néanmoins que les mêmes lésions se produisent, dans une ampleur bien plus grande, dans le cadre du métabolisme normal ainsi que sous l'effet de facteurs environnementaux comme les substances cancérogènes qui pénètrent dans le corps.

Des mécanismes de réparation

Depuis qu'elle a fait ses débuts il y a des milliards d'années, la vie s'est adaptée à la radioactivité et à d'autres influences potentiellement nocives. Ainsi, nos cellules disposent de mécanismes de réparation très efficaces. Lorsqu'une cellule subit une lésion grave, elle meurt et est remplacée par une autre. Lorsque le dommage est moins important, il est réparé.

Les réparations ne sont cependant pas toujours parfaites, et lorsque le corps reçoit de fortes doses de radiations en peu de temps, les mécanismes de réparation n'arrivent plus à suivre. Par ailleurs, les jeunes enfants sont particulièrement sensibles à la radioactivité en raison de leur taux

Doses typiques d'irradiation de sources naturelle et artificielle, par année



De plus amples informations sont disponibles, en français, dans les rapports annuels de la division Radioprotection de l'Office fédéral de la santé publique: www.bag.admin.ch et, en allemand, auprès du Forum médecine et énergie: <http://www.fme.ch>.



² On parle ici du rayonnement dit «ionisant», qui est très énergétique. Il existe aussi un rayonnement dit «non ionisant», qui englobe les ondes radio, les micro-ondes, la téléphonie mobile ainsi que la lumière visible et les ondes UV émises par le soleil. Même si ce rayonnement est de moins haute énergie que le rayonnement ionisant, il peut tout de même, notamment dans le cas des UV, provoquer à forte dose des coups de soleil, voire des cancers de la peau.



Utilisation du radon pour traiter affections rhumatismales, bronchites et problèmes de peau: la «grotte de guérison» de Bad Gastein en Autriche.

Photo: Gasteiner Heilstollen

élevé de divisions cellulaires. Tout cela fait que la relation entre rayonnement et risques sanitaires est complexe:

- **Doses très élevées reçues en peu de temps («doses de choc»):** le syndrome d'irradiation aiguë apparaît à partir de 1000 mSv environ, et à 4000 mSv environ, la moitié des personnes touchées décèdent en quelques jours ou semaines. Les propriétés des doses élevées sont utilisées pour l'irradiation des tumeurs cancéreuses: on tue les cellules cancéreuses en les soumettant à des doses de radioactivité très élevées. A noter toutefois que lorsqu'une dose élevée est répartie sur de nombreuses années, les dégâts dans les cellules peuvent être réparés au fur et à mesure.

- **Doses d'irradiation entraînant une hausse du risque de survenance d'un cancer:** en cas de dose de choc (à partir de 100 mSv environ), il est prouvé épidémiologiquement que le risque de cancer augmente.

Admettons par exemple que 1000 hommes soient chacune exposés à une dose de 100 mSv: il faut s'attendre, selon les facteurs de risque définis par la CIPR, à ce que cinq d'entre elles décèdent au fil du temps d'un cancer dû à cette irradiation, tandis que 300 autres mourront d'un cancer dû à d'autres causes. A des doses aussi

élevées, les réparations défectueuses peuvent s'accumuler au fil du temps, ce qui entraîne une élévation du risque de maladie et d'altération du patrimoine génétique. Si l'irradiation se produit sur une période relativement longue, le risque de cancer détectable épidémiologiquement n'augmente qu'à partir de 200 mSv environ.

- **Faibles doses d'irradiation (moins de 100 mSv):** on ne sait pas très bien quel risque effectif les doses minimales d'irradiation présentent pour la santé. L'action des mécanismes de réparation, d'autres causes de cancer (p. ex. la fumée) et la sensibilité individuelle au rayonnement se superposent de telle manière qu'il est impossible de mettre en évidence une éventuelle hausse des risques causée par le rayonnement: elle est indiscernable parmi les variations statistiques «normales» de la fréquence des cancers.

Il n'a pas non plus été observé de hausse des anomalies génétiques due aux faibles doses. Relevons au passage que ce type d'anomalies n'a pas non plus augmenté chez les quelque 80'000 descendants des survivants aux bombes atomiques larguées en août 1945 sur les villes d'Hiroshima et de Nagasaki, malgré les doses considérables d'irradiation reçues par leurs parents.

Le principe de précaution en matière de radioprotection

En ce qui concerne les faibles doses, les résultats des études scientifiques sont contradictoires: certaines indiquent que de telles doses peuvent avoir des effets bénéfiques sur la santé car elles stimulent les mécanismes de réparation, d'autres que même des doses minimales peuvent constituer le germe de maladies ultérieures.

Faute d'informations sûres, les spécialistes de la radioprotection du monde entier considèrent, en vertu du principe de précaution, que même de faibles doses peuvent être nocives et qu'il n'existe pas de valeur seuil au-dessous de laquelle l'innocuité des radiations est garantie³. On admet donc que le risque de maladie diminue de façon linéaire avec la dose, en tendant vers zéro. Toujours en vertu du principe de précaution, les valeurs limites fixées par la loi sont strictes: si l'on transposait ces exigences aux risques de cancer causés par les rayons UV, seules deux heures d'exposition au soleil par an seraient tolérées.

³ En novembre 2013, la Commission fédérale de protection contre les radiations et de surveillance de la radioactivité (CPR) a rédigé une prise de position tenant compte des publications scientifiques les plus récentes: voir www.bag.admin.ch/ksr-cpr, rubriques «Documentation CPR», et «Prises de position et recommandations».

Qu'est-ce que le «rayonnement radioactif»?

Tous les noyaux d'atome (nucléides) ne sont pas stables. Certains d'entre eux se «désintègrent» au fil du temps, c'est-à-dire qu'ils se transforment spontanément, sans influence extérieure, en d'autres noyaux. C'est ce phénomène naturel que l'on appelle la radioactivité.

Les atomes radioactifs peuvent l'être naturellement ou avoir été créés artificiellement. Lorsqu'ils se désintègrent, ils émettent un rayonnement très énergétique que les spécialistes qualifient de «ionisant» car il est capable d'arracher des électrons aux atomes présents dans notre corps, lesquels deviennent alors chargés électriquement, c'est-à-dire «ionisés». Cette ionisation provoque des modifications chimiques à l'intérieur des cellules.

On parle certes de «rayonnement radioactif», néanmoins ce n'est pas le rayonnement lui-même qui est radioactif mais les particules qui l'émettent. Cette distinction est importante car elle signifie que les substances ou parties du corps touchées par un rayonnement ionisant ne deviennent pas elles-mêmes radioactives.

Trois sortes de rayonnement

Trois sortes de rayonnement ionisant peuvent être émises lors de la désintégration d'un noyau:

- **le rayonnement alpha (α):** ce type de rayonnement se produit lorsqu'un atome qui se désintègre émet un noyau d'hélium. Cette particule relativement grosse ne peut parcourir que quelques centimètres dans l'air. Une feuille de papier suffit à l'arrêter complètement et elle ne peut pas traverser la couche supérieure de la peau. Toutefois, si des noyaux émettant des particules alpha pénètrent dans le corps par les voies respiratoires ou par la nourriture, ces particules peuvent provoquer des altérations dans les cellules qu'elles rencontrent;

- **le rayonnement bêta (β):** ce type de rayonnement se produit lorsqu'un atome qui se désintègre émet un électron ou son pendant chargé positivement, le positron. Les particules bêta peuvent parcourir une distance nettement plus grande que les particules alpha. Deux centimètres de matière synthétique suffisent néanmoins à les arrêter complètement. Elles ne peuvent pénétrer que de quelques millimètres dans la couche supérieure de la peau. Si des nucléides émettant des particules bêta pénètrent dans le corps, ils peuvent eux aussi provoquer des altérations cellulaires;

- **le rayonnement gamma (γ):** à la différence des rayonnements alpha et bêta, le rayonnement gamma n'est pas composé de particules: c'est une onde électromagnétique telle que la lumière visible, mais beaucoup plus énergétique. Les rayons gamma ont la capacité de traverser notre corps, ce qui les atténue. Ils peuvent eux aussi provoquer des altérations cellulaires.

Il n'y a aucune différence entre le rayonnement d'origine naturelle et le rayonnement d'origine artificielle. Ils ont tous deux les mêmes effets sur le corps humain. L'unité utilisée pour mesurer la radioactivité est le becquerel (Bq):

1 Bq = 1 désintégration par seconde

1000 Bq = 1000 désintégrations par seconde

La radioactivité des denrées alimentaires est en règle générale exprimée en becquerels par kilo (Bq/kg) ou en becquerels par litre (Bq/l).

La dose d'irradiation

Exprimée en becquerels, l'activité d'une substance ne renseigne guère sur les risques encourus en cas d'exposition. Ces derniers sont indiqués par la dose d'irradiation, qui tient compte de la puissance du rayonnement et de la durée de l'exposition.

Les effets biologiques sur notre corps dépendent également du type de rayonnement reçu et de la partie du corps touchée. La moelle osseuse, responsable de la formation du sang, est particulièrement sensible, tandis que les os et les muscles le sont relativement peu. Du fait de sa forte densité énergétique, le rayonnement alpha est beaucoup plus nocif pour les cellules que les rayonnements bêta et gamma.

L'unité utilisée pour exprimer la dose en tenant compte de tous ces facteurs est le sievert (Sv). C'est une très grande unité, si bien que les doses d'irradiation sont en règle générale exprimées en fraction de sievert, à savoir:

**en millisieverts (mSv),
c'est-à-dire en millièmes de sievert ou
en microsieverts (μ Sv),
c'est-à-dire en millionnièmes de sievert.**

Le sievert est une grandeur calculée qui renseigne sur les effets biologiques d'une dose d'irradiation. Un même nombre de sieverts correspond au même risque d'être atteint, par exemple, d'un cancer.

γ

α

β