

Rayonnements ionisants: attention danger?

La radioactivité... La simple évocation de ce mot inquiète le plus souvent, car on l'associe aux bombes et aux catastrophes nucléaires. Pourtant, les êtres vivants baignent dans un flux de rayonnements naturels qui provient de la Terre ou du cosmos, et même la radioactivité artificiellement créée par l'homme peut s'avérer intéressante, notamment dans le domaine médical.

Petit tour d'horizon du phénomène radioactif.

Jusque vers la fin du XIX^{ème} siècle, **l'homme ne connaît pas le phénomène radioactif**. En fait, l'histoire de la radioactivité a commencé le 26 février 1896, quand le physicien français Henri Becquerel fait une découverte par le plus grand des hasards : il trouve qu'en absence de soleil, le sel d'uranyle émet un rayonnement intrinsèque : il s'agit en fait d'atomes instables qui se désintègrent en émettant spontanément des « rayons ». En 1898, Pierre Curie donne le nom de radioactivité à cette découverte, qui ébranle le monde scientifique qui pensait jusque-là les atomes stables. Très rapidement, on se rend compte qu'il y a trois types de radioactivité selon le rayonnement émis lors de la désintégration de l'atome: ***alpha* quand un noyau d'hélium est expulsé, *beta* quand c'est un électron et *gamma* pour un photon, ou grain de lumière, très énergétique.**

Ces trois types de particules produites par la radioactivité sont des rayonnements ionisants, c'est-à-dire qu'ils interagissent avec la matière en provoquant soit une augmentation, soit une diminution du nombre de charges (ionisation) de l'atome considéré. Seuls quelques atomes ont donc cette propriété d'émettre spontanément des radiations : on les appelle les radioisotopes. Les plus fréquents dans les roches terrestres sont l'uranium 238 (²³⁸U), le thorium 232 (²³²Th), et surtout le potassium 40 (⁴⁰K). Si l'ionisation est produite dans un organisme vivant, on parle d'irradiation dont la nocivité dépend de la composition et la quantité de radiations reçues, la durée d'exposition (aiguë ou chronique) et le type de rayonnement concerné : on parle de *dose* pour quantifier les effets sur l'organisme.

Ces radiations, que nos sens ne peuvent pas détecter, perturbent le fonctionnement des cellules de notre organisme. Les molécules comme l'ADN et les protéines constituant les cellules subissent des dégâts (rupture de liaisons chimiques, modifications de la structure, etc.). A doses élevées, ces modifications vont attaquer la fertilité et notre matériel génétique et provoquer des maladies comme le cancer, la cataracte, ou les maladies cardio-vasculaires – le tout pouvant aller jusqu'à la mort. **Si le rayonnement ionisant peut être destructeur de cellules, c'est valable aussi pour les cellules *cancéreuses* : en les détruisant, la radioactivité a un effet bénéfique – tout n'est donc pas négatif.**

Les doses pour lesquelles ces effets ont été identifiés et confirmés sont de l'ordre de 100 mSv et plus, **cependant, même de faibles doses s'avèrent dangereuses puisqu'on ne parle qu'en terme de risque et de probabilité et non en terme de certitude.**

Radioactivité naturelle

Les atomes à l'origine de la radioactivité naturelle sont tout simplement présents dans les roches de l'écorce terrestre depuis la formation de la Terre ou sont formés en permanence à partir du bombardement constant de la Terre par des particules rapides en provenance des

quatre coins de l'Univers (les rayons cosmiques). La chaleur interne de la Terre provient ainsi, selon une proportion d'environ 80 %, de la radioactivité naturelle du sol (en particulier l'uranium, le thorium et le potassium).

Commençons par les rayonnements d'origine terrestre. L'homme est exposé en permanence à cette radioactivité naturelle, de manière externe pour celle produite par les roches et de manière interne pour les radioéléments inhalés dans l'air ou ingérés par l'eau et les aliments. Ce qui fait que nous sommes nous-mêmes radioactifs : huit mille atomes de potassium-40 et de carbone-14 se désintègrent par seconde dans notre organisme. La dose moyenne globale reçue par un belge est de l'ordre de 4.5mSv/an, une valeur supérieure à celle de la France qui est de 3.3mSv/an par habitant. Cela est dû à la formation géologique des sols en Belgique. Seulement 9 % (soit 0.41mSv/an) de cette dose moyenne est due à la radioactivité de l'écorce terrestre. La principale source de radioactivité d'origine naturelle (32%, soit 1.44mSv/an) provient du radon, un produit de la radioactivité de l'uranium-238 et du thorium-232. La quantité reçue dépend du type de sol : les sols granitiques, plus riches en uranium, libèrent davantage de radon que les sols sédimentaires. De plus, les techniques de construction de logements en Belgique favorisent une légère augmentation de l'exposition au radon. Nous ne voudrions pas cependant oublier la dose interne due aux aliments et boissons que nous consommons et qui contribue de 7 % à la dose totale reçue par un individu en Belgique.

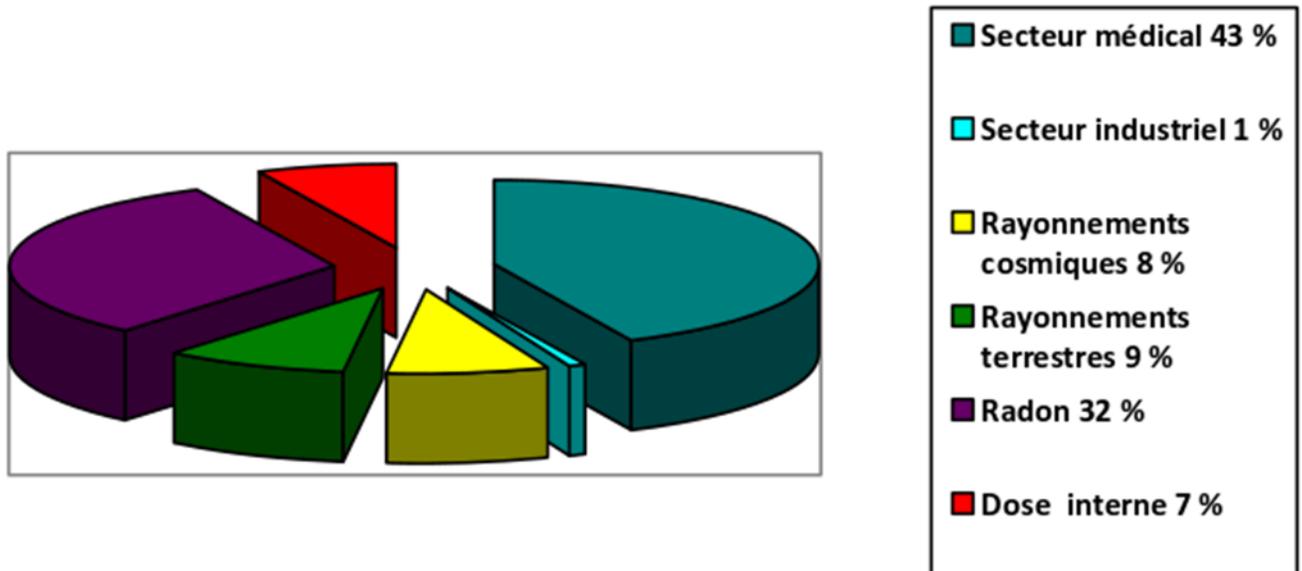


Fig 1 : Dose moyenne individuelle reçue en Belgique par personne 4.5mSv/an [Rapport 2012 du Service de Prévention et de Médecine du travail des Communautés Française et Germanophone de Belgique (SPMT INF_SCIENT_DOS_10 Rapport de 2012)].

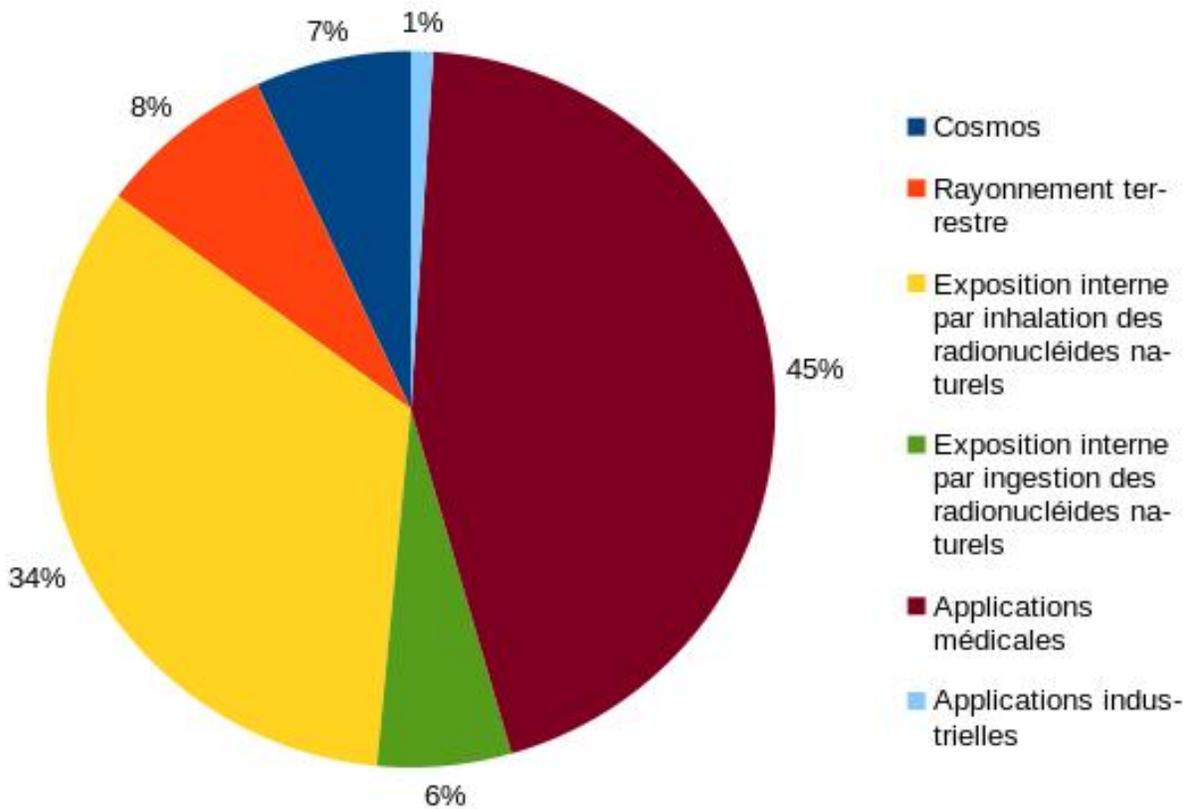


Fig 2 : Exposition moyenne aux rayonnements ionisants en Belgique [Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire en Belgique AFCN rapport 2015 <http://www.fanc.fgov.be>]

Il ne faudrait pas oublier les rayons »extraterrestres «.

La Terre est exposée en permanence à un flux de noyaux atomiques et de particules de haute énergie en provenance de l'espace. Ils ont une double origine, galactique (les rayons cosmiques, des particules accélérées principalement par les supernovæ et leurs résidus) et solaire (généralement le vent solaire). Quand ces particules entrent en collision avec les noyaux de l'atmosphère, ils produisent une cascade de particules secondaires. Une partie de celles-ci produisent des gerbes cosmiques qui atteignent le niveau du sol ce qui contribue à l'exposition des habitants de la belle planète.

Au fur et à mesure que l'on monte en altitude, la protection de la magnétosphère devient moins efficace et l'exposition au rayonnement cosmique augmente, en particulier dans les régions proches des pôles. Pour les équipages aériens qui séjournent pendant une longue période à ces hautes altitudes, cette exposition peut devenir significative et dépasser la limite d'exposition de 1 mSv/an (hors tellurique et médicale, conditionnée par une activité volontaire) pour le public. L'exposition double à 1500m d'altitude par rapport à celle subie au niveau de la mer, et atteint le centuple de cette dernière lors d'un voyage en avion à 8000m d'altitude. Ainsi, les Indiens de la cordillère des Andes et les Tibétains de l'Himalaya reçoivent une exposition au rayonnement cosmique quatre fois supérieure à celle de Bruxelles, Londres ou New-York. Cela mérite bien une surveillance pour les personnes vivant en altitude, les voyageurs réguliers et les équipages aériens car les limites d'exposition mortelle ne sont pas fixes et varient selon les individus.

Par exemple, le passager d'un vol Londres-New York (11.140 Kilomètres) à 11 000 mètres d'altitude en passant au-dessus de l'Atlantique (équateur) recevra une dose de 0,033 mSv (milli sievert), soit l'équivalent d'une radiographie dentaire panoramique. Un autre voyageur empruntant une route passant par le pôle Nord pour aller de New York à Hong Kong (12.959 Kilomètres), à la même altitude, recevra une dose trois fois plus importante car la protection de l'atmosphère et du champ magnétique terrestre est environ deux fois moins efficace aux latitudes polaires qu'à l'équateur. En Belgique, l'exposition aux rayons cosmiques représente 8 % de l'exposition globale soit 0.36 mSv/an par belge. Il faudra cinq allers et retours à un habitué de la deuxième ligne ou à un membre d'équipage pour recevoir 1 mSv, l'équivalent d'une radio du bassin (ou la dose annuelle de radioactivité naturelle). Comme la limite d'exposition professionnelle en Belgique est de 20mSv/an, un membre d'équipage de cette deuxième n'aura droit qu'à 100 voyages aller-retour par an s'il travaille sur cette ligne.

Tableau 1 : Variation du débit d'équivalent de dose absorbée (en mSv/an) en fonction de l'altitude et de la latitude [© SPMT ; <http://mesure-radioactivite.fr> <http://www.spmt.be> consulté le 23/03/2016 à 14h].

Altitude (km)	0° (équateur)	30°	50°
0	0,35	0,4	0,5
1	0,60	0,7	0,9
2	1,0	1,3	1,7
3	1,7	2,2	3,0
4	2,6	3,6	5,0
5	4,0	5,8	8,0
10	14,0	23,0	45,0
15	30,0	50,0	110,0
20	35,0	60,0	140,0

Des risques bien plus élevés existent pour les astronautes, mais ils sont mal connus. Autour de la Terre, les astronautes ne sont plus protégés par l'atmosphère mais ils restent protégés par le champ magnétique terrestre, qui dévie les particules chargées. Par contre, la dose est plus élevée si on s'éloigne de la Terre. Dans le cadre des missions Apollo, trente astronautes ont voyagé de 1963 à 1972 au-delà du champ protecteur de la Terre. Des études sur leur santé ont montré que certains symptômes du vieillissement, comme la cataracte, surviennent environ 7 ans plus tôt que chez les autres astronautes cantonnés à l'orbite basse. Des études sont aussi en cours pour voir l'impact d'une mission longue durée au-delà de la magnétosphère terrestre, comme par exemple pour un voyage vers Mars.

Radioactivité artificielle

Avant sa découverte en 1896, la radioactivité naturelle était la seule source de rayonnements chez les êtres vivants sur Terre. Depuis un peu plus d'un siècle maintenant, nous sommes également soumis à la radioactivité artificielle. Cette exposition ne cesse de croître.

Ces nouvelles sources sont pour la plupart bénéfiques, il s'agit de la médecine, **mais il y a aussi l'effet des secteurs énergétique ou militaire. Dans les pays développés, la médecine est la principale source de radioactivité artificielle à laquelle est soumis l'homme (97% de cette dernière).** En effet, il n'est pas possible de faire une radio, une scintigraphie ou un scanner sans éléments radioactifs.

Pour la radio, ce sont ces radioisotopes qui vont produire soit les rayons X à des fins de diagnostic, soit des rayons gamma à des fins thérapeutiques (on parle alors de radiothérapie dans le cas de traitement des cancers par exemple). Pour la scintigraphie ou le scanner, un élément radioactif tel l'iode sert de traceur : il émet des rayons X de forte intensité qui traversent l'organisme ou un organe particulier et permet ainsi de faire sa cartographie. Bien sûr, on tente de réduire les doses subies au maximum, en améliorant les appareillages, mais aussi en ne faisant ce type d'examen qu'en cas d'absolue nécessité. Toutefois, cette exposition croît : en Belgique, le secteur médical contribuait de 43 % à l'exposition globale en 2012 et de 45% en 2015, en raison du développement du secteur de la médecine nucléaire et des nouvelles techniques de traitement de cancers. Ainsi, la dose reçue à cause de la radioactivité artificielle s'élève en moyenne à 2 mSv environ dans un pays comme la Belgique qui bénéficie d'un excellent système de santé - en comparaison, elle tombe à 0,04 mSv dans les pays du Tiers-Monde. Il s'agit de moyennes, car les doses varient naturellement beaucoup d'une personne à l'autre, avec l'âge et l'état santé. Comparé à la radio des différents organes de l'organisme, le scanner contribue majoritairement aux irradiations dues à la médecine.

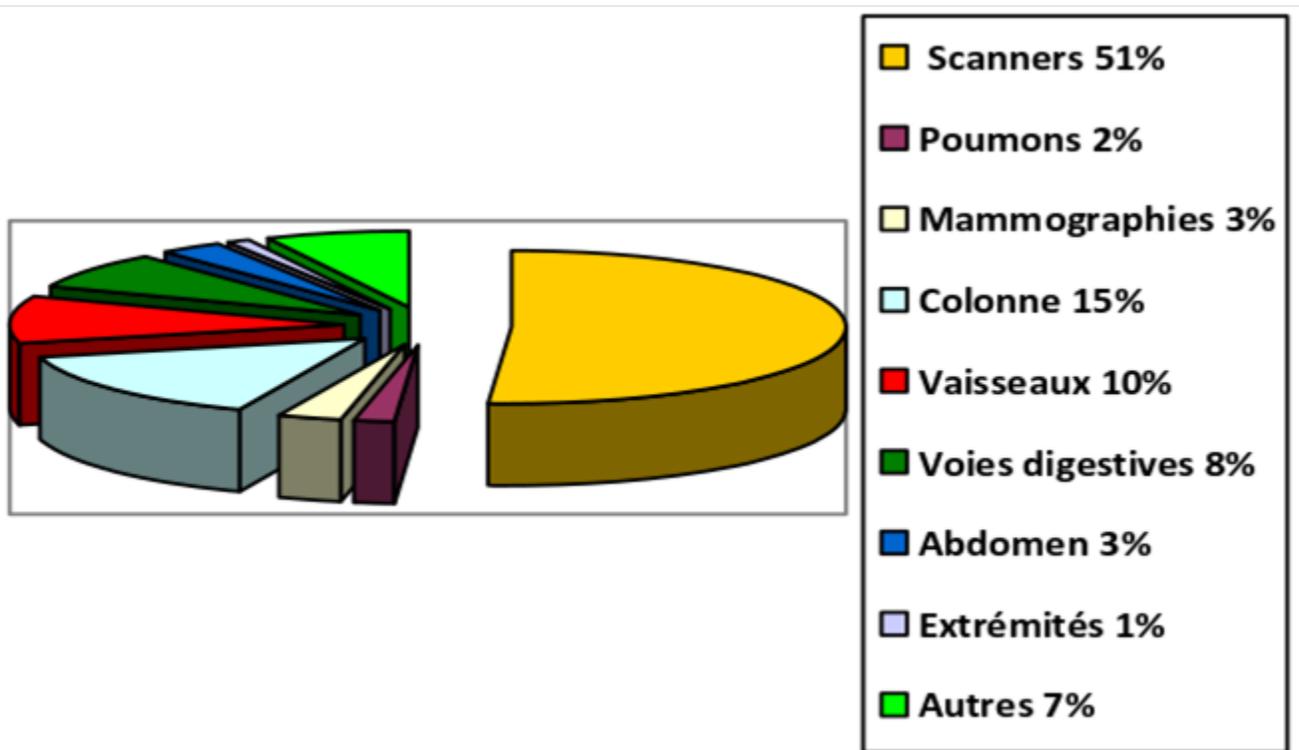


Fig 3: Composition des doses encourues par la population belge suite aux examens par Rayons X
[© SPMT INF_SCIENT_DOS_10 Rapport de 2012]

Comme autres sources de radioactivité artificielle, viennent ensuite les radiations issues des retombées des essais atmosphériques d'armes nucléaires (de 1945 à 1980), de l'accident de Tchernobyl en 1986 et de l'accident de Fukushima en 2011. Les rejets des installations industrielles et de recherche sur l'énergie nucléaire, dont les centrales nucléaires de production d'électricité. Précisons qu'en Europe de l'Ouest, ces retombées du nucléaire représentent en 2011 moins de 2% de la radioactivité globale reçue (artificielle + naturelle). Ce faible chiffre résulte des précautions prises dans le cœur des réacteurs pour isoler par plusieurs barrières de protection les matériaux radioactifs présents. Ainsi, si les personnes vivant à proximité d'un réacteur nucléaire reçoivent moins de 0.05 mSv à cause de leur voisinage, cette dose annuelle est en fait trois fois moins élevée que celle reçue lors d'un seul voyage transatlantique en avion. De ce fait, aucune augmentation de l'incidence de la leucémie infantile aigue ou du cancer de la thyroïde n'a été observée autour des centrales nucléaires de Doel et Tihange... Par contre, à certains endroits, les problèmes sont plus importants. Sans même aborder le cas des environs de Tchernobyl ou Fukushima, on peut penser aux retombées des essais nucléaires français menés au Sahara dans les années 1960 à 1966 : des doses importantes de radioactivité artificielle (0.1 mSv) ont ainsi été mesurées sur le campus de Douala (Cameroun) 48 ans plus tard. On n'ose pas imaginer ce qu'ont reçu les populations les jours suivant les essais. Le bilan des décès causés par les maladies radio-induites ne cesse de s'alourdir à Tamanrasset. Au total 20 cancéreux, entre femmes, hommes et enfants, sont morts en juillet 2014, à Tamanrasset, selon le secrétaire général de l'Association des victimes des essais nucléaires à In Eker (Algerie). Ce qui montre les effets à long terme de la radioactivité artificielle sur l'homme.



Fig 4. Centrale nucléaire de Doel en Belgique. (© rapport [Institut Scientifique de Santé Publique- N° d'Avril 2012](#)).

Le traitement le conditionnement, le compactage et le stockage dans des sites protégés des déchets très radioactifs des centrales nucléaires assurent l'absence d'impact sur l'environnement, du moins sur une échelle de temps humaine.

Enfin, d'autres sources artificielles sont plus anecdotiques, comme les appareils électroniques dont certains composants sont faits à base de radium tel les montres anciennes, les téléviseurs à tube

cathodiques et certains objets d'ornement luminescents. Leur contribution est aujourd'hui de plus en plus réduite en raison du remplacement des composants radioactifs.

Conclusion : Par ingestion, inhalation, nous sommes en contact permanent avec des radioisotopes. Beaucoup jouent un rôle bénéfique dans la constitution et le fonctionnement du vivant, en permettant que la Terre reste assez chaude plusieurs milliards d'années après sa formation ou que nous puissions faire de l'imagerie médicale/soigner le cancer grâce à eux – mais il faut rester attentif et éviter les doses élevées, nocives pour l'organisme, quelles que soient leur origine. La radioactivité n'est ni un mythe, ni **nécessairement un adversaire pour l'homme. Au contraire, l'humanité devrait plus que jamais prêter attention à la façon de développer et d'utiliser le nucléaire, de manière pacifique et utile à tous.**

Guembou Shouop Cébastien (ULg)

Références:

- UNSCEAR 2000, Comité scientifique des Nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants, Rapport à l'Assemblée générale, avec annexes scientifiques, 2000 A/55/46, ISSN 0255-1381 (2000) ;
- UNSCEAR 2006 Report Vol. I ;
- EU Scientific Seminar 2006 New Insights in Radiation Risk and Basic Safety Standards », Radiation Protection 145, Commission européenne (2006)
- « **Prediction of Galactic Cosmic Ray Intensity Deduced from that of Sunspot Number** », P. Lantos, *Solar Phys.* (2005)
- [Rapport 2012 du Service de Prévention et de Médecine du travail des Communautés Française et Germanophone de Belgique (SPMT INF_SCIENT_DOS_10 Rapport de 2012)].

Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire en Belgique AFCN rapport 2015
<http://www.fanc.fgov.be>