



www.findunucleaire.be
info@findunucleaire.be
+32.(0)4.277.06.61

Notions de radioactivité

Francis Leboutte

Mise à jour du 4 septembre 2019

La **radioactivité** a été découverte en 1896 par Henri Becquerel sur l'uranium, découverte confirmée peu de temps après par Marie Curie pour le radium. C'est un phénomène physique au cours duquel un atome instable (un « radio-isotope ») perd de l'énergie en émettant des « radiations »¹ (alpha, bêta et/ou gamma), évoluant ainsi vers un état plus stable. Au cours de cette transition (« désintégration »), le radio-isotope *peut*² se désintégrer en un ou plusieurs autres atomes, stables ou instables.

L'**activité** d'une source radioactive se mesure en *becquerels* (Bq), un becquerel correspondant à une désintégration d'un radio-isotope par seconde. Elle est mesurable à l'aide d'appareils. On utilise le plus souvent l'*activité massique* ou *volumique* qui correspond à l'activité rapportée à la masse (Bq/kg) ou au volume de l'échantillon mesuré (Bq/l ou Bq/m³).

La **demi-vie** d'un radio-isotope est le temps qui doit s'écouler pour qu'une quantité quelconque de ce radio-isotope voie son activité réduite de moitié. Par exemple, la demi-vie du césium-137 est de 30 ans, ce qui veut dire que du césium-137 voit son activité réduite par deux au bout de 30 ans et, par exemple, par 1 000 (par 2¹⁰) au bout de 10 fois sa demi-vie (300 ans). Le plutonium-239 a une demi-vie de 24 100 ans, celle de l'iode-131 est de 8 jours. Plus la demi-vie d'un radio-isotope est courte, plus le rayonnement est intense et le radio-isotope dangereux.

La **dose absorbée** par la cible est définie comme l'énergie reçue par unité de masse de la cible, en joules par kilogramme, c'est-à-dire en *grays* (Gy) dans le Système international (SI). L'ancienne unité était le rad.

Conversion : 1 Gy = 100 rad (1 rad = 0,01 Gy)

La **dose équivalente** est définie comme la dose absorbée corrigée d'un facteur de pondération selon la dangerosité de la radiation (à chaque type de radiation correspond un effet biologique différent, pour une même dose absorbée). La dose équivalente s'exprime en *sievert* (Sv).

Le facteur de pondération (w_R) est de 20 pour les particules alpha. Il est de 1 pour les rayonnements gamma et bêta. Pour les neutrons, il est variable selon leur énergie (de 5 à 20).

Lorsque le rad était utilisé comme unité de dose absorbée, l'unité de dose équivalente était le rem, acronyme de « röntgen equivalent man ».

Conversion : 1 Sv = 100 rem (1 rem = 0,01 Sv)

La **dose efficace** se mesure aussi en sievert (Sv) ; c'est un calcul de la dose de radiation reçue par un corps humain qui tient compte de la dangerosité de la radiation (alpha, bêta et/ou gamma) et des différences de sensibilité des organes et tissus (chaque tissu ou organe n'a pas la même radiosensibilité).

Dans le cas d'une exposition homogène de tout l'organisme, la

dose équivalente est égale à la dose efficace, et encore égale à la dose absorbée en gray si le rayonnement est de type gamma.

On définit également le **débit de dose**, c'est-à-dire la dose absorbée ou efficace par kilogramme et par unité de temps, mesurée en grays par seconde (Gy/s) ou en sieverts par seconde (Sv/s).

La limite autorisée pour l'exposition de la population aux rayonnements *artificiels* est de 1 mSv/an (débit de dose efficace). Pour un travailleur du nucléaire, le maximum de la dose efficace annuelle est de 20 mSv. Les limites sont plus élevées pour le personnel d'intervention en situation d'urgence et les militaires.

Dans la préfecture de Fukushima, après la catastrophe du 11 mars 2011, la limite de 1 mSv/an a été relevée à 20 mSv/an, même pour les bébés et les enfants qui sont plus sensibles aux radiations. Malgré les recommandations du *rapporteur spécial de l'ONU* pour les substances dangereuses — il est attaché au Haut-Commissariat des Nations Unies aux droits de l'homme —, cette limite n'a pas été revue à la baisse au moment où les ordres d'évacuation ont commencé à être levés, en même temps que les aides au logement pour les personnes évacuées étaient supprimées.

Les unités usuelles pour le débit de dose efficace sont le microsievert/heure et le millisievert/an :

- 1 μ Sv/h = 8,766 mSv/an
- 1 mSv/an = 0,114 μ Sv/h

Radioactivité naturelle

À la radioactivité naturelle, il correspond une dose annuelle d'environ 1 à 2 mSv, parfois plus dans certaines régions du monde. Le gaz radon est un élément important de cette variation ; son radio-isotope le plus fréquent est le radon-222 dont la demi-vie est de 4 jours³.

À celle-ci, il faut encore ajouter les doses reçues suite à certains examens ou traitements médicaux et celles dues à des situations particulières (altitude — voyages aériens —, mines et grottes du fait du radon principalement, proximité d'installations nucléaires ou de déchets miniers, etc.).

Dangerosité d'un élément radioactif

L'irradiation d'un organisme ou d'un organe par un élément radioactif entraîne des effets qui peuvent être plus ou moins néfastes pour la santé, selon les doses de radiation reçues, la durée d'exposition, le type de radiation émise par l'élément considéré et, s'il est ingéré, les capacités de fixation/élimination par l'organisme et de concentration par certains organes. Il est nécessaire d'établir ici une distinction entre irradiation et contamination.

On parle d'**irradiation** lorsque la source radioactive est située à l'extérieur du corps des personnes exposées. Dans ce cas, plus la distance entre la source et la personne est importante, plus l'exposition par irradiation est faible. Pour stopper l'exposition par irradiation, il suffit donc d'éloigner les personnes de la source radioactive (évacuation par exemple)

¹ Les « radiations » alpha sont en fait des noyaux d'hélium (noyau hélium-4 : 2 neutrons et 2 protons). Les bêtas sont des électrons ou des positrons, plus pénétrants.

² Il peut se contenter d'émettre de l'énergie sous forme de rayonnement gamma.

³ Sa désintégration donne une particule alpha et du polonium-218 également radioactif.

ou de les mettre à l'abri dans un bâtiment aux murs suffisamment épais ou blindés.

On parle de **contamination** lorsque la source radioactive pénètre à l'intérieur du corps des personnes exposées, soit par inhalation, soit par consommation de produits contaminés, soit par blessure avec des objets contaminés.

Lorsque les particules radioactives sont déposées sur la peau ou sur les vêtements sans avoir pénétré dans le corps, on parle de **contamination externe**. Celle-ci peut être éliminée par déshabillage et en douchant les personnes exposées.

Modèle de l'impact sanitaire de radiations ionisantes

Le modèle retenu par l'OMS, plus précisément par l'UNSCEAR et le CIPR⁴, pour l'impact sanitaire des rayonnements ionisants est celui du « linéaire sans seuil » (LSS, ou LNT en anglais), une façon assez stupide⁵ de dire « proportionnel à la dose reçue », ce qui serait intelligible par tous. Ce qui signifie qu'il n'existe aucun seuil de radiations en dessous duquel l'effet serait nul. Le modèle établit que toutes les doses reçues sont équivalentes, indépendamment du débit de dose ou de leur fractionnement dans le temps.

L'impact des faibles doses de radioactivité

Les faibles doses de radioactivité (< 100 mSv/an – cette limite varie selon les auteurs) sont les doses qui n'ont pas d'effets apparents immédiats ; ceux-ci se marqueront au bout de quelques années à quelques dizaines d'années par différentes pathologies pouvant conduire à la mort du sujet.

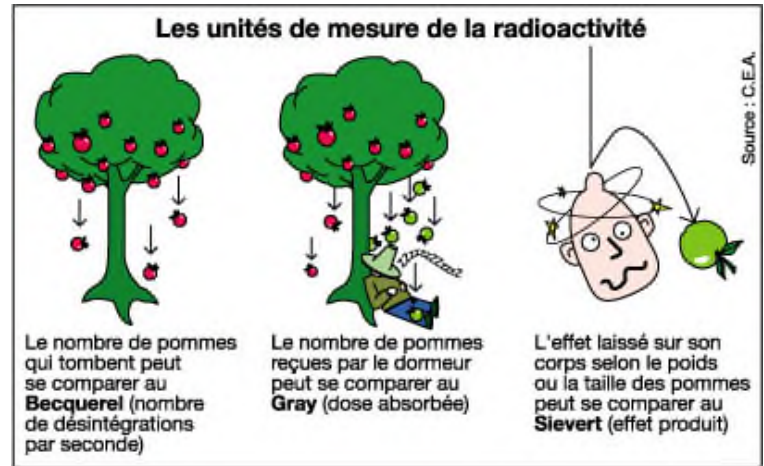
Les effets des faibles doses de radiation font l'objet d'études complexes et leur nocivité est confirmée par un nombre important d'études. Ces études conduisent à revisiter la dangerosité des éléments à très longue durée de vie comme l'uranium-235 (sa demi-vie est de 703,8 millions d'années) qui est l'isotope clé du combustible des réacteurs nucléaires.

Les effets des faibles doses de radiation ne sont généralement pas reconnus ou sont minimisés par les organismes nationaux et internationaux de « radioprotection » qui protègent les intérêts de l'industrie nucléaire plutôt que les individus. De fait, la CIPR s'oppose à l'utilisation du modèle LSS pour extrapoler des calculs de risque ou de mortalité à des populations entières dans le domaine des faibles doses.

Sur le sujet du risque des radiations à faible dose :

1. Voir cet article à propos de l'étude de Mappes de 2019 qui montre que les radiations de Tchernobyl sont nocives pour la faune sauvage et les écosystèmes, même à faible dose, et aussi qu'il n'y a pas de seuil de radiation sous lequel il n'y aurait pas d'effet sur les populations d'animaux (l'effet des faibles doses de radiation) : https://findunucleaire.be/doc/nucleaire/-articles/-Tchernobyl/Mappes_Radiations-faible-dose-nocives-pour-faune-sauvage_2019.pdf
2. Voir les études du CERI (Comité Européen sur le Risque de l'Irradiation - en anglais ECRR, European Committee on Radiation Risk), documents en français et en anglais

disponibles ici : <https://findunucleaire.be/doc/nucleaire/-articles/>.



Pour le sievert (« effet produit »), plus précisément : selon le poids ou la taille des pommes et aussi selon l'endroit où elles tombent.

⁴ UNSCEAR : United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation (Comité scientifique des Nations unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants). CIPR : Commission Internationale en Protection Radiologique (ICRP en anglais).

⁵ Si une relation présente un seuil, elle est forcément non linéaire. Dans un diagramme doses-effets, la relation proportionnelle apparaît comme une droite passant par l'origine.