

Pollution et perception du risque

Patrick MICHAILLE

1. LA RADIOACTIVITÉ EST PARTOUT !

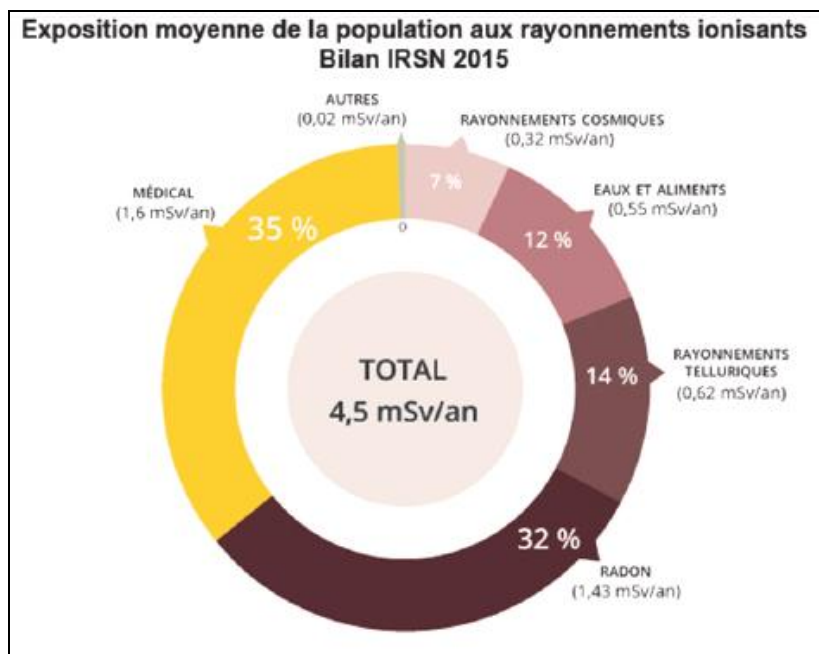
Aujourd'hui, quel média ne publie pas un article titré « Avez-vous peur de ... » ? Il en est de la radioactivité comme des autres dangers, mais du fait qu'elle est invisible et insensible, sa présence cachée fait surgir des craintes alimentées par les manipulateurs d'opinion. Il est donc opportun de pouvoir faire des comparaisons, même si « comparaison n'est pas raison », pour exprimer, faute de « faire sentir », les dangers réels de la radioactivité.

De fait, la radioactivité ne peut être mise en évidence que par des appareils peu répandus, avec des unités peu usuelles sauf pour les spécialistes. Qui sait :

Que son corps émet de 6.000 à 8.000 becquerels (Bq), dus principalement au potassium 40 et au carbone 14 (isotopes naturellement radioactifs), de même que la viande que nous mangeons (de l'ordre de 100 Bq/kg) ?

Que la dose de radioactivité (mesurée en millisieverts – mSv) est, en moyenne annuelle pour chaque Français, de l'ordre de 4,5 mSv/an, dont un tiers due au radon et un tiers aux examens médicaux (radiographies), mais qu'elle peut dépasser 50 mSv/an dans certains endroits d'Inde ou du Brésil, sans effet décelable sur l'organisme ?

Qu'une centrale à charbon, selon sa vétusté, induit chez les travailleurs des doses collectives 5 à 10 fois plus élevées qu'une centrale nucléaire de même puissance¹ !



Notre univers est par essence radioactif : la fusion nucléaire est le principe même des étoiles, qui donnent naissance aux planètes. Sur Terre, la radioactivité tellurique occasionne 0,6 mSv/an, 2 fois plus que les rayons cosmiques. On n'est à l'abri nulle part : si on s'élève, le rayonnement tellurique diminue mais l'impact des rayons cosmiques augmente, si on s'enterre, c'est l'inverse : **la radioactivité est partout !**

2. DANGER ET RISQUE

L'appréciation d'un danger est subjective. Cela peut mener à de graves erreurs de jugement, si on ne lui associe pas la notion de risque, c'est-à-dire la **probabilité** que l'exposition au danger se concrétise par des **dommages**. L'homme réagit de manière instinctive au danger si celui-ci est évident et immédiat : à moins d'être fou ou suicidaire, personne ne se jette volontairement du haut d'une falaise, ou ne laisse sa main dans le feu.

¹ Centrale à charbon : de 670 à 1 400 mSv/GW ; Centrale nucléaire : 130 mSv/GW ; Centrale à gaz : 55 mSv/GW

Par contre, l'homme n'est pas en mesure d'évaluer spontanément la nature et l'importance des dangers dont les dommages ne se concrétisent pas dans l'immédiat, comme les cancers ; c'est pour cette catégorie de dangers que les estimations de risques sont nécessaires.

3. LE DANGER DE LA RADIOACTIVITÉ

Les dommages créés par la radioactivité sont, en fonction des doses reçues :

- à de **très fortes doses** (> 7 Sv) : la mort à court terme
- à des **doses 10 fois inférieures à la dose létale**, des cancers, des maladies cardiovasculaires et des troubles de régénération de certains tissus²
- aux **faibles doses** (20 à 200 mSv selon l'UNSCEAR³) et à long terme, uniquement des cancers : cancer solide ou cancer du sang (leucémie)
- **aux très faibles doses** (< 20 mSv) : on ne distingue pas statistiquement de dommages, qui se traduiraient par une augmentation du nombre des cancers dans la population

Certes, nous avons tous appris que les pionniers de la découverte et de l'utilisation de la radioactivité (la figure emblématique étant Marie Curie) ont été les premières victimes des rayonnements ionisants, mais depuis la création en 1928 de la CIPR (Commission internationale de protection radiologique) les statistiques ont montré que le respect des normes publiées par cette commission a permis de ramener, pour les utilisateurs des rayonnements ionisants, la fréquence des maladies au niveau de celui de la population. Et depuis la création de l'UNSCEAR, le risque radioactif est celui qui est le mieux étudié.

4. RELATION LINÉAIRE SANS SEUIL ?

Au-dessus de 100 mSv, pour évaluer l'impact sanitaire sur la population, on utilise une relation linéaire (plus l'exposition augmente, plus le nombre de cancers augmentera). En dessous de 100 mSv, l'excès de risque est tellement faible qu'il devient impossible de l'estimer par rapport aux autres causes, au point que certains considèrent qu'il peut y avoir un seuil en-dessous duquel il n'y a pas d'effet néfaste sur l'organisme. Néanmoins, pour les effets sanitaires sur toute une population, on considère par prudence que les effets sont linéaires.

5. RISQUES DE CANCERS

Hormis pour les doses de radiations très élevées comme celles auxquelles ont été soumis les habitants d'Hiroshima, ou certains liquidateurs de l'accident de Tchernobyl, le danger principal des radiations est de provoquer des cancers.

De même, l'exposition aux rayonnements ultraviolets (du soleil, ou ceux d'une salle de bronzage) ou à la fumée du tabac entraînent un danger d'apparition de cancers : les rayonnements UV peuvent provoquer des cancers de la peau, et la fumée du tabac des cancers du poumon et de la vessie. D'autre part chacun admet que le risque d'apparition d'un cancer pour un individu est en moyenne d'autant plus fort que les quantités reçues ou absorbées d'un produit dangereux sont fortes.

Comme disait Paracelse, c'est la dose qui fait le poison !

Pour estimer le risque d'apparition des dommages qu'un danger représente, ce risque doit donc être quantifié par des médecins spécialisés en fonction des doses reçues. C'est ce qu'on appelle : établir des relations doses-effets.

Dans le cas des cancers dont les causes (les initiateurs, et les phénomènes aggravants) sont multiples, l'estimation du pourcentage d'excès de risque par rapport à la vie « normale » nécessite d'examiner des « cohortes » de personnes exposées à des degrés divers, en comparaison de cohortes de personnes non exposées. Plus la dose absorbée est faible, plus le nombre de personnes dans la cohorte examinée doit être important.

Pour autant, les résultats statistiques ne s'appliquent que pour une politique sanitaire, à l'égard de toute la population, et non pas de chaque individu : chaque organisme humain réagit différemment, chaque individu a sa propre perception du risque et du comportement à adopter.

² Après la catastrophe de Tchernobyl, près de 2.000 cas de cancer de la thyroïde ont été dénombrés parmi les 17.000 enfants dont la dose à la thyroïde aurait dépassé 1 Sv.

³ **UNSCEAR** = United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations, placé sous la tutelle du [Programme des Nations Unies pour l'Environnement](#) (PNUE), tout comme le GIEC (Groupe International des Experts pour le Climat).

6. COMPARAISON AUX DANGERS DU TABAC

Les Français fument chaque année environ 5 milliards de paquets de cigarettes, ce qui induit entre 45.000 et 66.000 décès chaque année, dont 10.000 dus à des affections cardio-vasculaires, et le reste (35.000 à 56.000) à des cancers, principalement des voies respiratoires. Le nombre total de décès en France étant de l'ordre de 500.000 par an, les décès liés à l'usage du tabac en représentent près de **10 %**.

Pour simplifier, nous retiendrons 50.000 décès annuels dus à la consommation des 5 milliards de paquets de cigarettes, soit un rapport de 1/100.000 (10^{-6}) : c'est la **probabilité d'induction d'un cancer mortel par paquet de cigarette**.

La Commission internationale pour la protection contre les rayonnements (CIPR) estime le nombre de cancers mortels dus à l'irradiation du corps entier à 0,05 (5 %) par sievert. On peut alors faire l'équivalence entre 1 sievert et 5000 paquets de cigarettes, soit :

1 mSv = 5 paquets = 100 cigarettes

La dose réglementaire pour les professionnels est de 20 mSv/an (ou 100 mSv sur 5 ans en cas d'intervention), ce qui correspondrait à **6 cigarettes par jour en moyenne**. Va-t-on pour autant traiter les fumeurs comme du personnel exposé ?

Les fumeurs répliquent qu'il s'agit d'un choix personnel, et non une nuisance imposée par la société. Nous allons donc nous tourner vers un autre élément de comparaison, la pollution atmosphérique imposée par notre mode de vie.

7. COMPARAISON À LA POLLUTION ATMOSPHÉRIQUE

Les dommages créés par la pollution atmosphérique sont, en fonction des doses reçues :

- **aux fortes doses**, la mort rapide par asphyxie (par exemple, lors de l'inhalation des fumées d'un incendie en milieu fermé) ; ce domaine accidentel relève du secours immédiat.
- pour des **doses plus faibles et à long terme**, des maladies broncho-pulmonaires et cardiovasculaires, ainsi que des cancers pulmonaires. C'est le domaine qui angoisse le grand public, faute de savoir où et quand a lieu l'exposition, ni à quoi s'attendre.

L'impact de la pollution atmosphérique est particulièrement complexe, car elle est constituée de molécules et de particules d'origines très variées. On adopte, comme indicateur des risques encourus, la densité de particules fines dans l'air inhalé, et surtout de celles, très fines, dont le plus grand diamètre est de 2,5 μm (appelées PM⁴ 2,5), et susceptibles de traverser les parois des cellules. Il n'y a pas ici de convention pour distinguer les faibles et les très faibles doses.

Dans le cas de la pollution atmosphérique, la relation linéaire est relativement bien vérifiée au-dessus de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM 2,5 dans l'air inhalé, beaucoup moins en-dessous. Néanmoins une grande majorité des médecins spécialisés estime que dans ce cas, contrairement à celui de la radioactivité, il y a des arguments pour conserver la linéarité. Nous utilisons donc la relation linéaire sans seuil pour comparer les risques de la radioactivité et de la pollution atmosphérique.

Le risque de mourir d'un cancer solide augmente de **5 % par Sv** de dose efficace globale absorbée par une population pour la radioactivité, tandis que le risque de mourir de maladie pulmonaire, de maladie cardiovasculaire ou de cancer solide augmente de **7 % par incrément de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** de PM 2,5 inhalé en permanence.

Or à Paris les doses de particules fines sont en permanence de l'ordre de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM 2,5

Il est plus risqué d'y vivre 50 ans que de vivre 50 ans dans les zones de Fukushima où les doses reçues de radioactivité sont actuellement de 50 mSv/an, et qui ont été évacuées pour cette raison, alors que l'exposition y diminuera d'un facteur 3 durant cette période d'un demi-siècle.

Pourquoi alors ne pas évacuer les nombreux Parisiens qui vivent en permanence dans ces conditions ?

⁴ PM : particulate matters (microparticules) ; leur densité dans l'air s'exprime en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Rappelons que les habitants exposés en permanence à $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM 2,5 se comptent par centaines de millions dans les mégapoles de la planète, en particulier en Asie du Sud-Est. L'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) considère que la pollution atmosphérique fait de 7 à 8 millions de morts chaque année sur la planète.

De tels chiffres impressionnent s'ils sont livrés à l'état brut. **Il ne s'agit aucunement de morts immédiates**, mais d'une **perte d'espérance de vie** : Elle serait en moyenne de l'ordre de **8 mois en France** pour la pollution atmosphérique (10 ans pour les personnes les plus exposées). C'est parce que le nombre de personnes touchées est très grand (9 personnes sur 10 dans le monde selon l'OMS) que le nombre de morts en raison de cette pollution est si grand.

8. SOURCES

Cet article, relu par le **Dr. Jean SARBACH**, reprend les textes de :

- [1] **Hervé Nifenecker**, « Radioactivité et tabac » ;
http://sfp.in2p3.fr/Debat/debat_energie/Nucleaire/Radioactivite/tabac.html
- [2] **Bernard Durand**, « Dangers et risques ; une comparaison de la radioactivité et de la pollution atmosphérique » ; [European Scientist](#); 21 nov 2018

9. BIBLIOGRAPHIE

- [1] **André AURENGO**, « Tchernobyl : quelles conséquences sanitaires ? », La Jaune et la Rouge, n° 569, Novembre 2001
- [2] **UNSCEAR 2013**, report to the general assembly, scientific annex A: Levels and effects of radiation exposure due to the nuclear accident after the 2011 great-east-Japan earthquake and tsunami
- [3] http://www.unscear.org/docs/reports/2013/13-85418_Report_2013_Annex_A.pdf
- [4] **Hervé NIFENECKER**, 2015 : Review of post-nuclear-catastrophe management. Reports on Progress in Physics, 78, 7
- [5] **OMS**, communiqué de presse, 2018 : Neuf personnes sur dix respirent un air pollué dans le monde
<http://www.who.int/fr/news-room/detail/02-05-2018-9-out-of-10-people-worldwide-breathe-polluted-air-but-more-countries-are-taking-action>
- [6] <http://www.journaldelenvironnement.net/article/electricite-le-charbon-plus-radioactif-que-le-nucleaire.79350>

Annexe 1

Les unités de radioactivité : Becquerel, Gray, Sievert ... pensez au pommier !

Pour mémoriser l'image, représentez-vous sous un pommier, comme Newton, et les pommes (les particules) commencent à tomber ! Le **Becquerel (Bq)** représente le nombre de pommes qui tombent par seconde ; le **Gray (Gy)**, l'énergie du choc cédée à la terre (en J/kg) ; le **Sievert (Sv)**, le dommage causé à votre corps, moyennant l'organe atteint, et le type de particule (coefficient de 1 pour les rayons gamma et bêta, 5 pour les protons, 20 pour les particules alpha).

Annexe 2

Les mécanismes de formation du cancer par contamination radioactive

Pr. André Aurengo – Conférence Fukushima, 23 mai 2011

de qq mGy à # 100 - 200 mGy (reçus en 1 seule fois)

- mise en action de systèmes de réparation
- leur efficacité diminue avec la dose
- les lésions simples sont réparées
- les lésions complexes conduisent à l'apoptose*

* *L'apoptose (mort cellulaire programmée) est le processus par lequel les cellules déclenchent leur autodestruction en réponse à un signal.*

au delà de 100 - 200 mGy

- réparation impérative pour la fonction tissulaire
- lésions complexes réparées avec risque d'erreur
- la cancérogénicité augmente
- **le risque de cancer est le prix de la réparation**