

# La radioactivité : sources, doses, effets

**Nous vivons dans un monde radioactif**, qui nous soumet en permanence à une irradiation naturelle estimée, en France, à 2 à 3 millisieverts (mSv) par an en moyenne. Si l'on ajoute la radioactivité artificielle, l'irradiation moyenne atteint, en France, 4 mSv par an pour chaque individu.

Quelques doses : un vol Paris-Tokyo : 0,1 mSv ; un an à Paris : 0,7 mSv, à Limoges : 1,3 mSv, à La Paz : 2,7 mSv ; un jour à bord de Mir : 1 mSv.

À l'heure actuelle, **les effets sur la santé humaine** d'une exposition à des doses inférieures à 100 ou 200 mSv font l'objet de débats scientifiques.

## Les sources de radioactivité

### Radioactivité naturelle

#### (58 % de la dose totale reçue)

Elle est découverte par Henri Becquerel, Pierre et Marie Curie en 1896.

**Le rayonnement cosmique (7 %)** provient de l'espace et augmente rapidement avec l'altitude (la couche atmosphérique protectrice devient moins épaisse). Un montagnard habitant à 1 000 m d'altitude reçoit une dose supérieure de 20 % à un pêcheur habitant au bord de

la mer. À l'altitude de croisière d'un avion à réaction, le rayonnement cosmique est 150 fois plus important qu'au niveau de la mer.

**Le rayonnement tellurique (11 %)** a pour origine la formation de la terre et la naissance des chaînes de radionucléides primordiaux (uranium, thorium et potassium). Nous sommes donc exposés directement aux rayonnements provenant des roches de surface ainsi que des briques et du béton fabriqués à partir de matériaux extraits du sol. Ce

rayonnement est plus important dans les régions granitiques.

**Le radon (34 %), gaz naturel radioactif**, est la principale source d'exposition naturelle.

Il provient de la désintégration de l'uranium présent dans la croûte terrestre. Le radon et ses descendants solides sont inhalés ; ils émettent des rayonnements  $\alpha$  peu pénétrants, mais qui irradient les cellules les plus sensibles des bronches et peuvent induire un cancer bronchique. Des cas ont été constatés chez les travailleurs des

3

## Unités de mesure

◉ **Le becquerel (Bq)**, qui mesure la radioactivité, correspond à la désintégration d'un atome radioactif par seconde.

◉ **Le gray (Gy)**, qui mesure la quantité d'énergie absorbée par la matière, correspond à l'absorption d'un joule par kilogramme.

◉ **Le sievert (Sv)**, qui évalue les dégâts biologiques subis par les tissus vivants, permet de comparer les effets de rayonnements dont l'efficacité biologique est différente. Un sievert correspond à un gray, multiplié par un facteur de qualité égal à 1 pour les photons ( $X$ ,  $\gamma$ ) et  $\beta$ , à 20 pour les  $\alpha$  et de 5 à 20 pour les neutrons (selon leur énergie).

mines d'uranium. Le radon peut s'accumuler dans les espaces clos, comme les maisons. Pour réduire sa concentration, il faut ventiler les pièces et les sous-sols, améliorer l'étanchéité des murs et des planchers.

**Les eaux minérales et les aliments (6 %).** Les substances radioactives de la croûte terrestre sont naturellement absorbées par les plantes et les animaux. Elles se dissolvent aussi dans l'eau. Nos aliments et nos boissons sont par conséquent légèrement radioactifs. Le potassium 40 et le carbone 14 qu'ils contiennent se fixent dans les tissus et les os.

### Radioactivité artificielle (42 % de la dose totale reçue)

Elle a été découverte par Frédéric Joliot et Irène Curie en 1934. Principale source d'exposition artificielle, **l'exposition médicale (41 %)** est essentiellement constituée par le radiodiagnostic et la radiothérapie. **Les essais nucléaires** atmosphériques effectués dans les années 50 et 60 **et l'industrie** représentent seulement 1 % de la dose moyenne annuelle reçue.

### Utilisation par l'homme

**Dans le domaine énergétique**  
80 % de l'électricité produite en France est d'origine nucléaire.



LA CENTRALE NUCLÉAIRE DE CIVAUX.

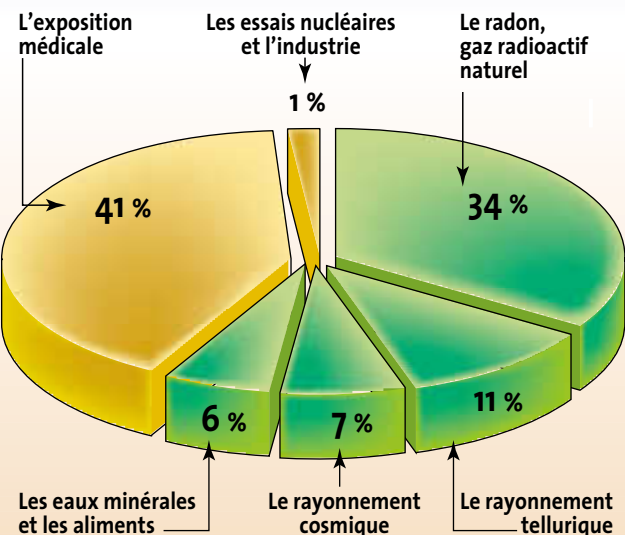
### RADIOACTIVITÉ



Artificielle



Naturelle



© Wag - source : IPSN

LES SOURCES DE LA RADIOACTIVITÉ.

Dans les centrales nucléaires, la radioprotection des travailleurs repose sur une organisation et des procédures de contrôle rigoureuses. Le fonctionnement des installations, les rejets dans l'environnement et le transport de matières radioactives sont très réglementés.

Les incidents pouvant affecter la santé du personnel sont communiqués à la médecine du travail, qui prend en charge le suivi des personnes exposées.

### Dans d'autres domaines : industrie non nucléaire, recherche

Ces secteurs sont infiniment moins sensibilisés aux risques liés à la radioactivité. La probabilité de survenue d'un acci-

dent s'en trouve accrue, et celui-ci sera plus difficile à diagnostiquer (on pense moins à cette étiologie). L'usage banalisé de sources radioactives de petites dimensions dans le bâtiment, l'agro-alimentaire ou la chimie entraîne des accidents plus fréquents que dans les centrales nucléaires.

### Une grande variété d'applications industrielles de la radioactivité

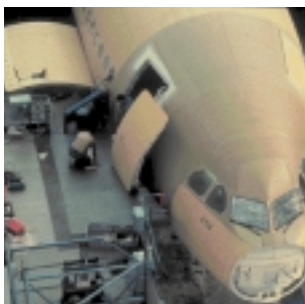
#### — Irradiation agro-alimentaire

Elle permet une meilleure conservation des produits en empêchant la germination des bulbes et tubercules ; en éliminant les insectes parasites des céréales, des fruits et des légumes frais ; en pasteurisant et débactérisant le poisson et la viande.

– **Traitements stérilisants** pour l'éradication d'insectes nuisibles, comme la mouche tsé-tsé (*via* la stérilisation des mâles) ; pour protéger certains éléments du patrimoine, comme la momie de Ramsès II ; pour stériliser certains matériels médicaux.



© SDP/R. Pons



© SDP/AGE

LA RADIOGRAPHIE INDUSTRIELLE, AUTRE FACTEUR DE RISQUE.

### – Traitements mutagènes

Ils permettent d'obtenir une meilleure résistance aux maladies du blé, de l'orge ou du riz (*via* les mutations génétiques induites par l'exposition aux rayonnements ionisants).

Détecteurs à ionisation, comme les détecteurs d'incendie ; dosage de grisou.

– **Datation archéologique au carbone 14**

– **Radiographie industrielle** destinée à la vérification des soudures de pièces métalliques en métallurgie, dans le bâtiment, en aéronautique, etc.

– **Jauges à radio-isotopes** pour mesurer le niveau d'un liquide lors du remplissage d'un réservoir ou de silos.

– **Irradiation industrielle** pour la fabrication de matériaux plus résistants (prothèses, câbles électriques, pièces pour l'aéronautique).

## Modes d'exposition

L'irradiation peut être :

– **externe** : la source de rayonnement n'est pas en contact direct avec la personne ;

– **interne** : le radioélément pénètre à l'intérieur de l'organisme soit par une brèche cutanée, soit par ingestion, soit par inhalation. On parle alors de contamination.

## Effets et risques

### Des effets dépendant de la dose reçue

Les effets des rayonnements ionisants sur l'organisme varient en fonction de la dose reçue, elle-même conditionnée par différents facteurs :

– **la source** : quantité de radioactivité, énergie, efficacité biologique du rayonnement ;

– **le mode d'exposition** : temps, fractionnement, débit ;

– **la cible** : tissus ou organes touchés (jusqu'au corps entier), volume irradié, âge et radiosensibilité de l'individu.

## Deux types d'effets biologiques

**Les effets déterministes**, dus essentiellement à la destruction massive des cellules de l'organisme, apparaissent à partir d'une dose-seuil, variable selon l'organe ou le tissu, et sont d'autant plus sévères que la dose est élevée. En fonction de la dose et de l'organe touché, le délai d'apparition des symptômes varie entre quelques heures (nausées, radiodermites) et plusieurs mois (cataracte). Des effets secondaires peuvent même être observés des années après une irradiation (fibroses).

### La radiosensibilité est variable selon les individus

**1 % des cancéreux traités par radiothérapie présentent une radiosensibilité supérieure à la moyenne. Le taux est estimé à 1 pour 1 000 dans la population générale.**

5

**Les effets aléatoires (ou stochastiques)**, associés à la transformation des cellules plus qu'à leur destruction, sont fondamentalement différents des précédents. Ici, c'est la probabilité d'apparition de l'effet qui augmente avec la dose. Le délai d'apparition après l'exposition est de plusieurs années. Il s'agit principalement de leucémies et de cancers solides (du poumon, de la thyroïde, des voies digestives et urinaires, etc.), mais aussi d'autres pathologies thyroïdiennes.

Une pathologie radio-induite n'a pas de signature particulière : il n'existe pas de marqueur biologique permettant

de différencier, par exemple, un cancer bronchique dû au tabac d'un cancer bronchique radio-induit.

### Faibles doses : la controverse

Les risques liés aux faibles niveaux d'exposition, en l'ab-

#### Les rayonnements ionisants

- Rayonnement  $\alpha$  : faible pénétration dans l'air. Une feuille de papier l'arrête.
- Rayonnement  $\beta$  : assez faible pénétration. Arrêté par une feuille d'aluminium.
- Rayonnements  $\gamma$  et X : grande pénétration, en fonction de l'énergie du rayonnement. Arrêtés par une forte épaisseur de béton ou de plomb.
- Neutrons : arrêtés par une forte épaisseur de béton, d'eau ou de paraffine.

© IPSN



ABERRATIONS CHROMOSOMIQUES LIÉES À UNE EXPOSITION.

sence d'effets directement mesurables, sont estimés en extrapolant les données issues de Hiroshima et de Nagasaki, des patients soumis à la radiothérapie et de l'expérimentation animale, pour lesquels les paramètres de l'exposition (dose, débit de dose, fractionnement) sont très différents. Même s'il existe une relation linéaire vérifiée entre exposition

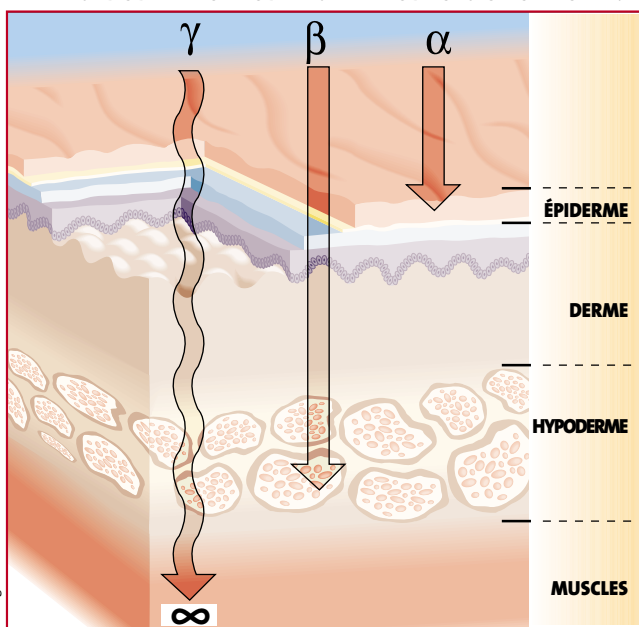
aux rayonnements ionisants et excès de cancers, cette relation n'a pas été démontrée, à ce jour, pour les très faibles doses.

#### Les effets psychologiques

**La radiophobie** : 12 % des patients français suivis à l'Institut Curie, depuis 1951, pour suspicion d'irradiation en sont atteints. Un tiers présente des symptômes psychiatriques graves et évidents. Les deux autres tiers ont travaillé ou vivent à proximité de sources de radioactivité ; ils décrivent précisément un accident censé les avoir contaminés. Le bilan approfondi (dosimétrie, examen des mécanismes de réparation de l'ADN, etc.) se révèle négatif.

**Le syndrome post-traumatique des populations victimes d'accidents nucléaires** (Three Mile Island, en 1979, Tchernobyl, en 1986). Sont essentiellement touchés : les intervenants (travailleurs et liquidateurs), les femmes enceintes et les mères de jeunes enfants, les victimes irradiées. Les symptômes anxio-dépressifs et psychosomatiques sont réductibles par un soutien psychologique et une restauration du cadre de vie.

PÉNÉTRATION DES DIFFÉRENTS TYPES DE RAYONNEMENTS DANS L'ORGANISME HUMAIN.



© Wag