

**IRSN**

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

# Rayonnements ionisants et santé



Collection "Livrets des professionnels"



Henri Becquerel

ACJC



Marie Curie

ACJC



Pierre Curie

ACJC



Rolf Sievert

Sp/Cosmos

L'homme est en permanence exposé aux rayonnements ionisants d'origine naturelle ou artificielle (essentiellement médicale). Les expositions sont généralement faibles, mais des personnes peuvent être exposées à des doses élevées lors d'accidents. L'exposition aux rayonnements ionisants peut entraîner des effets néfastes sur la santé.

### Unités de mesure

- **Le becquerel (Bq)** mesure la radioactivité.  
1 Bq = désintégration d'un atome radioactif par seconde.
- **Le gray (Gy)** mesure la quantité d'énergie absorbée par la matière, ou dose absorbée.  
1 Gy = 1 joule par kilogramme de matière irradiée.
- **Le sievert (Sv)** est l'unité de dose efficace. La dose efficace permet d'évaluer le risque d'effets stochastiques chez l'homme et de comparer les effets d'irradiations différentes (nature des rayonnements et organes irradiés). Un sievert correspond à un gray multiplié par des coefficients qui rendent compte, d'une part de l'efficacité biologique différente des rayonnements (par exemple les particules  $\alpha$  sont considérées comme 20 fois plus nocives que les photons (X et  $\gamma$ ), d'autre part de la sensibilité du ou des organes irradiés.

# SOMMAIRE

---



## EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

### MODES D'EXPOSITION, SOURCES ET EFFETS ..... 2-7

L'exposition aux rayonnements ionisants peut être d'origine naturelle, artificielle ou accidentelle. Les effets sur la santé de l'homme dépendent des conditions d'exposition et des niveaux de doses.

## EXPOSITION MÉDICALE

### AUX RAYONNEMENTS IONISANTS ..... 8-11

L'utilisation de rayonnements ionisants à des fins diagnostiques est la principale source d'exposition d'origine artificielle de l'homme.

### LES ACCIDENTS ..... 12-16

Les accidents impliquant des sources de rayonnements ionisants sont rares et d'une grande diversité. Leurs conséquences pour l'homme peuvent être extrêmement graves.

# EXPOSITION AUX RAYONNEMENTS

## MODES D'EXPOSITION, SOURCES ET EFFETS

**N**ous sommes en permanence soumis à une irradiation naturelle. La dose individuelle correspondante est comprise entre 2 et 3 millisieverts (mSv) par an en France pour la plupart des individus. Si l'on ajoute l'exposition aux sources artificielles de rayonnements ionisants, la dose individuelle atteint en moyenne 4 mSv par an en France.

### Modes d'exposition

L'exposition aux rayonnements ionisants peut être :

- **externe** : la source de rayonnements n'est pas en contact direct avec la personne et la dose reçue ne correspond qu'au temps pendant lequel s'est produite l'exposition (par exemple : radiodiagnostic).

- **interne** : le radionucléide pénètre à l'intérieur de l'organisme le plus souvent par ingestion ou par inhalation, mais également par une brèche cutanée ou par voie veineuse (par exemple lors d'une scintigraphie) ; on parle alors de contamination interne. La distribution dans l'organisme dépend de la nature du radionucléide. L'exposition résulte des atomes radioactifs présents dans les tissus ou organes ; elle continue donc au-delà du moment où a eu lieu l'incorporation, mais décroît en fonction de la période radioactive du radionucléide incorporé et de sa biocinétique.

L'exposition peut être brève (par exemple radiographie) ou prolongée (par exemple exposition naturelle).

### Sources d'exposition

#### Exposition naturelle (58 % de la dose totale reçue)



- **Le rayonnement cosmique (7 %)** provient de l'espace et augmente rapidement avec l'altitude (la couche atmosphérique protectrice devient moins épaisse). La dose reçue par un montagnard habitant à 1000 m d'altitude est supérieure de 20 % à celle reçue par une personne habitant au bord de la mer. A l'altitude de croisière d'un avion à réaction, le rayonnement cosmique est 150 fois plus élevé qu'au niveau de la mer. Quelques doses : un vol Paris-Tokyo : 0,1 mSv, un an à Paris : 0,7 mSv, à La Paz : 2,7 mSv, un jour à bord de Mir : 1mSv.

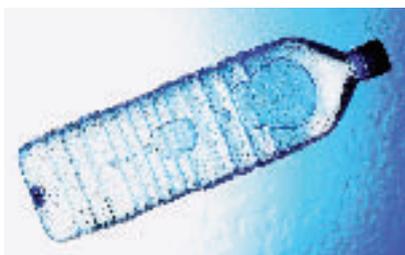
## ■ Le rayonnement tellurique (11 %)

a pour origine les radionucléides primordiaux (de l'uranium, du thorium et du potassium) apparus au moment de la formation de la terre. Nous sommes donc exposés aux rayonnements provenant du sol ainsi qu'aux matériaux de construction obtenus à partir de matériaux extraits du sol. Ce rayonnement est plus important dans les régions granitiques. La dose efficace individuelle due au rayonnement tellurique est en moyenne d'environ 0,45 mSv par an en France.



■ **Le radon (34 %)**, gaz naturel radioactif, est la principale source d'exposition naturelle. Il provient essentiellement de la désintégration de l'uranium présent dans la couche 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. Des cancers pulmonaires ont été constatés chez les travailleurs des mines d'uranium. Le radon peut s'accumuler dans les espaces clos, comme les maisons. Pour réduire sa concentration dans

l'air à l'intérieur de l'habitat, il faut ventiler les pièces et les sous-sols et/ou améliorer l'étanchéité des murs et des planchers. La dose efficace individuelle due au radon et à ses descendants est en moyenne d'environ 1,2 mSv par an en France (voir livret IRSN sur le radon).

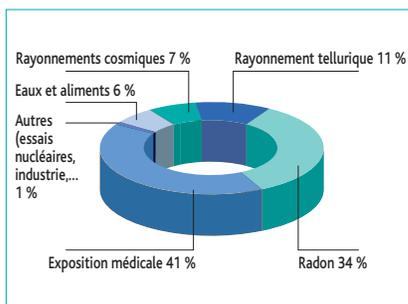


## ■ Les eaux minérales et les aliments (6 %).

Les radionucléides de la croûte terrestre (principalement potassium 40) et ceux créés par les rayonnements cosmiques (essentiellement carbone 14) sont naturellement présents dans les plantes et les animaux, mais aussi dans l'eau. Nos aliments et nos boissons sont par



conséquent légèrement radioactifs. Les radionucléides ingérés se fixent dans les tissus de l'organisme et entraînent une exposition interne d'origine naturelle. La dose efficace



individuelle est égale à 0,24 mSv par an en France.

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

Principale source d'exposition artificielle, **l'exposition médicale (41 %)** est essentiellement constituée par le radiodiagnostic. **Les essais nucléaires atmosphériques des années 50 à 70, l'industrie nucléaire et les accidents dont Tchernobyl** représentent seulement 1 % de la dose efficace individuelle annuelle moyenne reçue en France.

## Utilisation par l'homme

### □ Dans le domaine énergétique

75 à 80 % de l'électricité produite en France est d'origine nucléaire.

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 travailleurs exposés.

### □ Dans le domaine médical

Chaque année en France, environ 60 millions d'examens de radiologie et plus de 500 000 examens en médecine nucléaire sont pratiqués et environ 100 000 patients subissent une radiothérapie.



Centrale nucléaire de production d'électricité de Saint-Laurent-des-Eaux



Appareils de gammagraphie

### □ Une grande variété d'applications industrielles

#### ■ Irradiation agroalimentaire

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.

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 1000 dans la population générale.

- **Détecteurs à ionisation**, comme les détecteurs d'incendie ; dosage de grisou.
- **Radiographie industrielle** destinée à la vérification des soudures de pièces métalliques en métallurgie, dans le bâtiment, en aéronautique, etc.
- **Jauges à radio-isotopes** pour le contrôle de niveau (remplissage d'un réservoir ou de silos) ou d'épaisseur.
- **Irradiation industrielle** de matériaux pour les rendre plus résistants (prothèses, câbles électriques, pièces pour l'aéronautique).
- **Datation archéologique au carbone 14.**

## Effets radioinduits

### □ Des effets dépendant de la dose reçue

Les effets des rayonnements ionisants sur l'organisme varient en fonction de la dose reçue et de différents facteurs :

- **la source** : activité ou intensité de fonctionnement, nature, énergie et efficacité biologique du rayonnement ;
- **le mode d'exposition** : temps, fractionnement, débit ;
- **la cible** : tissus ou organes touchés (jusqu'au corps entier), âge et radiosensibilité de l'individu.

### □ Deux types d'effets biologiques

- **Les effets déterministes**, dûs 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 selon l'organe touché, le délai d'apparition des symptômes varie de quelques heures (nausées, radiodermites) à plusieurs mois. Ces effets seront développés dans le paragraphe traitant des accidents. Des effets secondaires peuvent même être observés des années après une irradiation (fibroses, cataracte).

- **Les effets aléatoires (ou stochastiques)**, associés à la transformation des cellules plus qu'à leur destruction, sont fondamentalement diffé-

rents des précédents. Ici, c'est la probabilité d'apparition de l'effet qui augmente avec la dose. Le délai d'apparition après l'exposition, ou temps de latence, 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). Une pathologie radio-induite n'a pas de signature particulière : il n'existe pas de marqueur biologique permettant de différencier, par exemple un cancer pulmonaire dû au tabac d'un cancer pulmonaire radioinduit.

Pour ce qui est des effets héréditaires, qui résulteraient de la modification du patrimoine génétique des gamètes, aucune augmentation statistiquement significative n'a été mise en évidence à ce jour chez l'homme.

## ▣ Les effets psychologiques

- **La radiophobie** : 12 % des patients traités 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 irradiés. Le bilan approfondi (dosimétrie, examen des mécanismes de réparation de l'ADN, etc) se révèle négatif.

### Hiroshima et Nagasaki

Un excès d'environ 440 décès par cancers et 75 décès par leucémies a été observé sur la cohorte des 86 000 survivants irradiés lors de l'explosion (bilan 2003).

### Tchernobyl

Environ 1800 cancers de la thyroïde ont été observés chez les enfants vivant dans les territoires proches de la centrale et qui ont été contaminés avant l'âge de 17 ans (UNSCEAR 2000).

■ **Le syndrome post-traumatique des populations victimes d'accidents nucléaires** (Three Mile Island en 1979, Tchernobyl en 1986, Goiania en 1987) : sont essentiellement touchés les intervenants (travailleurs et liquidateurs), les femmes



Patrick Landmann

enceintes et les mères de jeunes enfants, les victimes irradiées. Les symptômes anxiodépressifs et psychosomatiques sont réductibles par un soutien psychologique et une restauration du cadre de vie.



Patrick Landmann

### Faibles doses : la controverse

En l'absence d'effets directement mesurables, les risques liés aux faibles niveaux d'exposition, sont estimés en extrapolant les données issues de l'étude des survivants d'Hiroshima et de Nagasaki ou des patients soumis à une radiothérapie, pour lesquels les paramètres de l'exposition (dose, débit de dose, fractionnement) sont très

différents. Même s'il existe une relation linéaire vérifiée entre l'exposition aux rayonnements ionisants et l'excès de cancers solides, cette relation n'a pas été démontrée pour les très faibles doses. A l'heure actuelle, les effets sur la santé humaine d'une exposition à des doses inférieures à 100 mSv font l'objet de débats scientifiques.

La quasi-totalité de l'irradiation artificielle reçue par la population est d'origine médicale. Le Conseil de l'Union européenne en a tenu compte en publiant la directive Euratom 97/43 spécifique à la radioprotection des patients, récemment transposée en droit français. L'utilisation médicale des rayonnements ionisants en France s'opère maintenant dans le respect du décret relatif à la protection des personnes exposées à des fins médicales et médico-légales (Décret 2003 – 270 du 24 Mars 2003). Les principes de justification et d'optimisation des actes doivent être appliqués et des outils sont développés pour aider les professionnels de santé.

Pour un même examen, il existe une grande disparité des doses reçues selon la pratique, la qualité des appareils et la morphologie des patients, ce qui justifie la démarche européenne et maintenant française, de radioprotection des patients.

La scanographie irradie beaucoup plus que la radiographie conventionnelle ; c'est un argument supplémentaire pour refuser cet examen aux patients qui l'exigent notamment dans le contexte des lombalgies, où le scanner n'est recommandé que pour les sciatiques compliquées.

La radiologie interventionnelle délivre des doses importantes aux patients. Une heure de scopie peut entraîner des doses à la peau de l'ordre de plusieurs Gy et provoquer l'apparition de radiodermites.

## L'exposition des patients

Les principaux domaines de l'utilisation médicale des rayonnements ionisants sont la radiologie, la médecine nucléaire et la radiothérapie :

■ **La radiologie** (radiographie conventionnelle, mammographie, scanographie, radiologie interventionnelle) délivre une exposition externe.



Philippe Générat

# RAYONNEMENTS IONISANTS

■ **La médecine nucléaire** (diagnostic ou thérapie par radio-isotopes) délivre une exposition interne.

*La médecine nucléaire diagnostique est beaucoup moins utilisée que la radiographie. L'injection dans l'organisme de traceurs radioactifs à des fins diagnostiques délivre des doses comparables à celles de la radiographie.*

*En thérapie, les activités injectées conduisent localement à des doses très élevées de l'ordre de plusieurs dizaines de grays.*

*Ces activités imposent des précautions particulières. Par exemple, un patient traité par l'iode radioactif (iode 131) pour un cancer thyroïdien élimine le radionucléide par la salive, la transpiration et surtout les urines.*

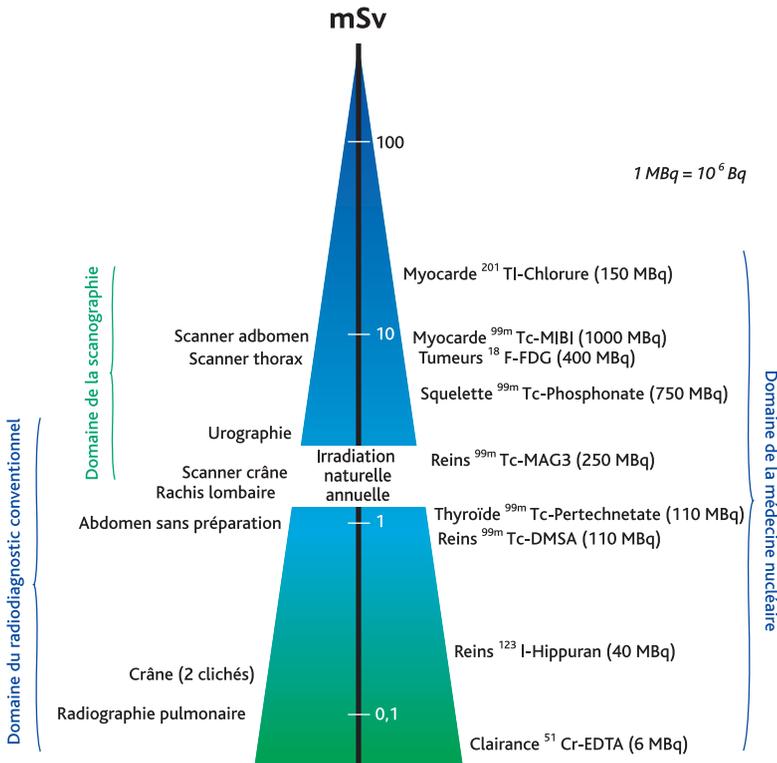
*Des précautions d'éloignement et d'hygiène (éviter, par exemple, de partager les mouchoirs, la brosse à dents, etc) sont nécessaires pendant quelques jours vis à vis des enfants de moins*

*de 15 ans et des femmes enceintes. Une information spécifique est fournie à ces patients et à leur entourage dans les services de médecine nucléaire.*

■ **La radiothérapie** regroupe la radiothérapie externe et la curiethérapie.

*En radiothérapie, les doses délivrées sont élevées, de l'ordre de plusieurs dizaines de grays.*

*De très nombreux malades cancéreux bénéficient d'une radiothérapie à visée curative ou palliative et la moitié des patients guéris de leur cancer le doivent en partie ou en totalité, à la radiothérapie. Des risques de dermates ou de fibroses radioinduites existent, ils sont variables selon la radiosensibilité du patient. La radiothérapie peut aussi entraîner l'apparition de cancers secondaires ; ce risque diminue avec l'âge des patients au moment du traitement.*



Niveau des doses efficaces reçues lors d'expositions médicales à des fins diagnostiques



## La radioprotection des patients

L'utilisation médicale des rayonnements ionisants en France doit désormais se faire dans le respect du décret relatif à la protection des personnes exposées à des fins médicales et médico-légales (Décret 2003-270 du 24 mars 2003).

Les deux principes de base de la radioprotection des patients sont **la justification** de l'acte et **l'optimisation** de la protection. La justification est la confirmation argumentée du choix de la technique (par exemple : scanographie plutôt qu'échographie) ; l'optimisation consiste à réduire les doses "autant que possible" tout en assurant la qualité d'image nécessaire à

l'obtention des informations diagnostiques souhaitées. La radioprotection des patients relève de la responsabilité du médecin prescripteur **et** du médecin qui réalise l'acte.

Le décret du 24 mars 2003 prévoit que le Ministère de la Santé établit et diffuse un guide de prescription des actes et examens courants exposant aux rayonnements ionisants. De même, des guides de procédures aideront les médecins qui réalisent des actes de radiologie ou de médecine nucléaire diagnostique à élaborer un protocole écrit pour chaque type d'acte. Des niveaux de référence diagnostiques de dose (NRD) sont en cours d'établissement afin que chaque médecin puisse s'y référer pour optimiser sa pratique.

### Les risques de l'exposition in utero

#### ■ Effets tératogènes

Pendant les 2 premières semaines après la fécondation, s'applique une loi de tout ou rien (avortement précoce ou grossesse normale). Ensuite, l'organe touché est celui qui est en cours de formation au moment de l'irradiation, mais l'organe le plus sensible est le système nerveux central tout particulièrement entre la 8<sup>ème</sup> et la 15<sup>ème</sup> semaine de grossesse et à un degré moindre entre la 16<sup>ème</sup> et la 25<sup>ème</sup> semaine.

#### ■ Cancérogenèse

- Leucémies : risque < 1% pour 200 mGy

#### ■ Attitude recommandée en cas de grossesse :

- dose < 100 mGy : rassurer
- dose > 200 mGy : proposer une interruption de grossesse
- entre 100 et 200 mGy : choix à discuter

Le médecin demandeur et le médecin réalisateur d'un acte radiologique doivent demander s'il existe un éventuel état de grossesse.

## Les niveaux de référence diagnostiques ou NRD

- Ce sont des indicateurs pour optimiser les doses délivrées.
- Les niveaux de référence diagnostiques concernent les examens courants, des procédures standardisées. Ils permettent d'apprécier la qualité des équipements et des procédures mais ce ne sont pas des limites réglementaires de doses ni des indicateurs de risque radiologique. Ils permettent d'engager, en cas de dépassement injustifié, des actions de contrôle et de remédiation.

### ■ Comment les détermine-t-on ?

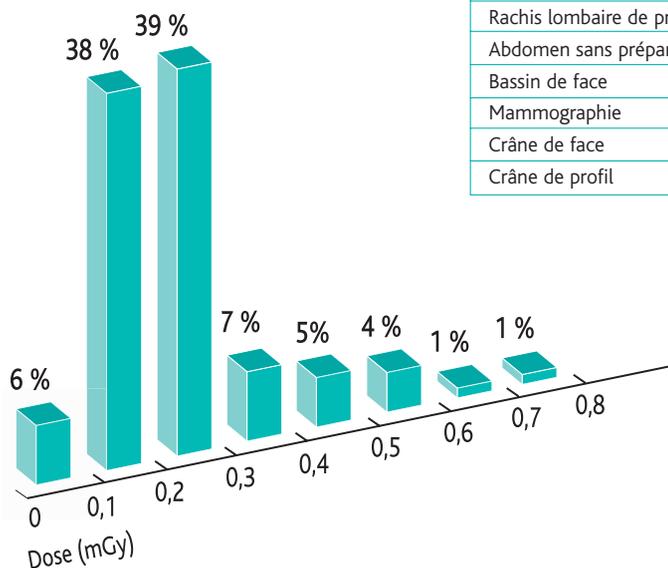
Pour chaque type d'examen, des mesures de doses sont effectuées sur un grand nombre de patients répartis dans un grand nombre de centres représentatifs de la pratique radiologique d'un pays. Le niveau de référence est la valeur de la dose au dessous de laquelle se situent 75% des doses mesurées.

### ■ Comment les utilise-t-on ?

Utiliser les NRD, c'est évaluer périodiquement, dans chaque service de radiologie et pour chaque installation, les doses délivrées aux patients sur des fantômes standards ou des groupes de patients types. Si les niveaux de référence sont fréquemment dépassés, une révision des procédures et un contrôle des installations s'imposent.

*NRD exprimés en doses à la surface d'entrée (DE) en radiologie conventionnelle chez l'adulte (arrêté du 12 février 2004)*

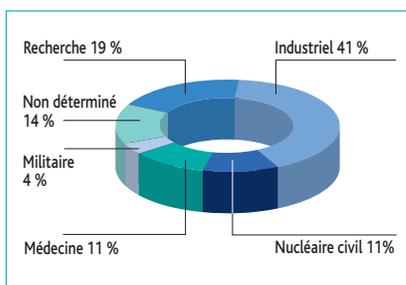
Examen	DE (mGy)
Thorax de face	0,3
Thorax de profil	1,5
Rachis lombaire de face	10
Rachis lombaire de profil	30
Abdomen sans préparation	10
Bassin de face	10
Mammographie	10
Crâne de face	5
Crâne de profil	3



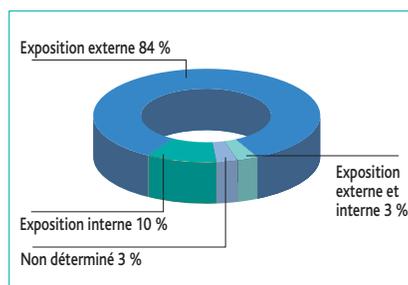
*Distribution des doses pour un cliché pulmonaire de face. Campagne de mesures 2001-2003 (IRSN Vésinet)*

# LES ACCIDENTS

**P**rès de 600 accidents radiologiques ont été répertoriés dans le monde depuis 1945 conduisant à 180 décès consécutifs à un syndrome aigu d'irradiation. Une trentaine de cas dits "sévères" ont été observés, depuis 1951, à l'Institut Curie. L'accident demeure un événement rare qu'il convient de repérer et traiter au plus vite.



Répartition des accidents par secteur d'activité depuis 1945



Répartition des accidents par mode d'exposition depuis 1945

## Deux types d'accidents

■ **L'accident nucléaire**, tel que celui de Tchernobyl, est heureusement rare. Il résulte d'un accident de réacteur ou de criticité et se caractérise par sa grande ampleur et potentiellement un grand nombre de personnes concernées. La dispersion aérienne de substances radioactives entraîne un risque d'exposition interne par inhalation et ingestion. Dans une telle situation, le rôle du médecin généraliste est important : comme acteur de santé publique, il intervient en tant que conseil auprès des populations pour l'application de contre-mesures et la gestion des effets psychosociaux.

■ **Les accidents radiologiques** sont les plus fréquents. Ils sont dus à des

sources d'irradiation industrielles (sources scellées, accélérateurs de particules), médicales (sources scellées ou non), à des sources utilisées en recherche, à des sources "orphelines" (perdues ou volées) ou encore à des accidents de transport. Ils se caractérisent par un nombre généralement faible de personnes exposées, mais les doses peuvent être très élevées. Ils conduisent surtout à des expositions externes, dont plus de la moitié sont localisées et un quart sont globales. L'accident radiologique n'est pas toujours avéré et la difficulté pour le médecin consiste à reconnaître la symptomatologie liée à une irradiation localisée ou totale.



■ **L'urgence est au diagnostic** mais les symptômes n'ont pas de spécificité marquée et dépendent à la fois de la dose et de l'étendue de l'irradiation. La conduite thérapeutique et le pronostic dépendent de l'évaluation de cette dose et des dommages biologiques associés.

## Cas d'une irradiation externe globale

Le syndrome aigu d'irradiation est très rare et se déroule en 5 phases :

- **phase initiale** pouvant comprendre des nausées, vomissements, anorexie, asthénie, céphalées, hyperthermie apparaissant d'autant plus rapidement et avec d'autant plus d'intensité que la dose reçue est élevée. L'analyse des signes cliniques est un des facteurs essentiels pour le diagnostic. Cette analyse permet d'effectuer un premier tri dans une situation où un grand nombre de personnes est touché.
- **phase de latence**, asymptomatique, dont la durée est d'autant plus courte que la dose est élevée.
- **phase critique** avec, selon la dose, un syndrome hémato-poïétique, un

- Le syndrome hémato-poïétique se traduit par une pancytopenie et les conséquences cliniques de l'aplasie médullaire (fièvre, infections, hémorragies). Son importance et sa durée dépendent de la dose reçue.
- Le syndrome gastro-intestinal se traduit par des douleurs abdominales, des vomissements, diarrhées conduisant à une dénutrition et des pertes liquidiennes sévères. La dénudation progressive de la muqueuse intestinale peut entraîner des hémorragies digestives voire des septicémies.
- Le syndrome neuro-vasculaire peut se traduire par une désorientation spatio-temporelle, des crises convulsives et un coma en relation avec l'œdème cérébral, ainsi qu'une hypertension intracrânienne et une anoxie cérébrale. Ce syndrome est létal en moins de deux jours.

syndrome gastro-intestinal et un syndrome neuro-vasculaire.

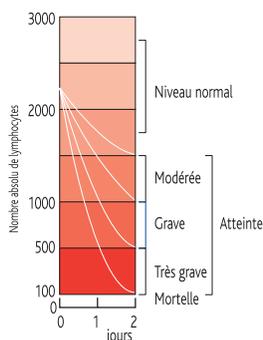
- **phase de restauration** avec ou sans traitement.

Dose (Gy)	1	5	10	20
Symptômes hématologiques				
Symptômes digestifs				
Symptômes neurologiques				



■ **phase tardive** pouvant apparaître plusieurs années, voire des dizaines d'années, après l'exposition et se manifestant par une asthénie, des risques de fibrose et/ou de cancers des tissus ou organes radio-sensibles. Le plus rapidement possible, un prélèvement sanguin pour une NFS doit être effectué (à suivre ensuite toutes les 4 heures puis toutes les 8h), ainsi qu'un prélèvement pour la recherche d'aberrations chromosomiques et un typage HLA. Si la dose est inférieure à 1 Gy, la lymphopénie temporaire régresse spontanément. Il n'y a pas de traitement mais une surveillance hématologique. Chez la femme enceinte, un avis spécialisé est nécessaire à partir de 0,1 Gy. Si la dose est supérieure à 1 Gy, l'hospitalisation est nécessaire et doit se faire en service spécialisé si la dose est supérieure à 2 Gy.

**L'examen d'une personne irradiée ne présente aucun danger pour le médecin. Seule une contamination cutanée nécessite des mesures de protection (calot, masque, gants,**



*La chute des lymphocytes circulants après exposition*

**chaussons, combinaison ou blouse) pour le personnel soignant. En cas de contamination interne, des précautions doivent être prises pour tenir compte de la contamination des excréta (urines et selles).**

## Cas d'une irradiation externe localisée

Il s'agit d'une exposition accidentelle d'une partie du corps qui n'engage généralement pas le pronostic vital. Les mains, les pieds et les jambes sont les plus souvent touchés après contact avec une source radioactive ou manipulation dans un accélérateur de particules. La peau est le premier tissu cible et les symptômes initiaux qui peuvent alerter sont la sensation de chaleur, les douleurs et l'érythème. En fonction de la dose à la peau, après une période de latence d'autant plus courte que la dose est élevée, peuvent s'installer :

- une dépilation simple et transitoire pour des doses de 4 à 5 Gy,
- un érythème entre 4 et 8 Gy,
- une radiodermite sèche à partir de 5 et jusqu'à 12 Gy,
- une radiodermite exsudative entre 12 et 20 Gy,
- une nécrose tissulaire au dessus de 20 à 25 Gy.

Une radiodermite débutante peut être confondue avec un coup de soleil. L'interrogatoire permettant de mettre en évidence des éléments évocateurs

## Le consensus sur la prise en charge thérapeutique des irradiations accidentelles (2003)

Ce consensus a été élaboré par une cinquantaine d'experts en hématologie, radio-pathologie et dosimétrie.

Le consensus préconise tout d'abord un tri des victimes en 3 catégories d'après la gravité des signes cliniques de la phase initiale et l'importance et la rapidité de la chute des lymphocytes :

- grade 1 : absence de risque létal. Pas de nécessité d'un traitement hématologique.
- grade 2 : risque létal avec une atteinte hématologique (de légère à sévère) sans atteinte gastro-intestinale irréversible. Traitement à visée curative possible.
- grade 3 : supra-léthal avec symptômes d'atteintes gastro-intestinales ou cérébro-vasculaires irréversibles. Traitement à visée palliative.

d'une exposition est donc tout à fait capital. Toute lésion cutanée chronique évoluant par vagues successives, circulaire, ulcérée en son centre, très douloureuse avec un halo inflammatoire doit faire penser à une étiologie radique.

Un syndrome cutané grave nécessite des soins dans un service de grands brûlés. Une greffe de peau peut être indiquée et, dans les cas extrêmes, une amputation doit parfois être envisagée. Il convient également de limiter le syndrome inflammatoire radioinduit par l'utilisation de molécules anti-inflammatoires.

Trois axes thérapeutiques sont retenus :

- thérapie de support incluant un traitement transfusionnel classique de l'aplasie médullaire, une décontamination digestive chez les patients risquant de développer une aplasie profonde et l'administration d'antiviraux selon les indications habituelles de la lymphopénie.
- thérapie par cytokines avec un traitement par G-CSF plus EPO le plus rapidement possible pour les patients de grade 2 et 3 sauf ceux présentant des signes neurologiques irréversibles. En cas de confirmation du grade 3 lors du second bilan à J4 ou J5, le traitement par cytokine est interrompu.
- thérapie par greffe allogénique de cellules souches hématopoïétiques dont l'indication ne doit pas être posée avant le 21<sup>ème</sup> jour après l'irradiation.

## Cas d'une exposition interne

L'irradiation des tissus par les radionucléides inhalés ou ingérés est d'autant plus importante que la demi-vie physique et biologique de ces radionucléides



est longue. Cette exposition est asymptomatique et peut conduire, à



terme, à des effets stochastiques. L'urgence médico-chirurgicale prime toujours sur le traitement de la contamination interne. En l'absence d'une telle urgence, une action rapide est nécessaire pour éviter la fixation du radionucléide sur son organe cible : traitement non spécifique (boisson abondante, fluidifiant bronchique, laxatif doux) et traitement spécifique selon le radionucléide en cause (iode stable, DTPA, bleu de Prusse, alginates).

### Distribution d'iode stable

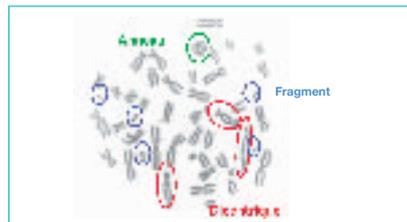
Un grave accident dans une centrale nucléaire peut entraîner un rejet massif de poussières et d'aérosols radioactifs dans l'atmosphère un ou deux jours après la défaillance de l'installation. Pour éviter, surtout chez les enfants, le risque d'augmentation des cancers thyroïdiens dus à la fixation d'iode <sup>131</sup> sur la thyroïde, la prise d'un comprimé d'iode stable (non radioactif) saturerait celle-ci, empêchant la fixation ultérieure d'iode radioactif. C'est le préfet qui décide de l'application de cette contre-mesure.

## Evaluation dosimétrique

### ■ En cas d'exposition externe

Une première estimation peut être effectuée à partir des signes cliniques, et/ou

biologiques en cas d'exposition globale. La dosimétrie biologique permet, par le dénombrement des anomalies chromosomiques dans les lymphocytes du sang circulants, de déterminer une dose moyenne reçue par la personne en cas d'exposition globale aiguë.



La dosimétrie physique, effectuée expérimentalement à l'aide de fantômes anthropomorphes ou plus souvent par calcul, permet principalement de déterminer la répartition de la dose dans le corps humain et donc la dose moyenne aux organes critiques.

### ■ En cas d'exposition interne

Il est important d'évaluer l'activité incorporée. Cette estimation peut être effectuée par anthroporadiométrie si les radionucléides incorporés émettent des rayonnements  $\gamma$  ou X suffisamment énergétiques. Dans le cas contraire, elle sera effectuée à partir de mesures dans les excréta.



Modélisation de la source, de la victime et de son environnement

## Direction de la radioprotection de l'homme

### Pour toute situation à caractère d'urgence :

Tél : +33 (0)1 46 54 49 29 (hotline 24h/24)

### Conseil et assistance en radioprotection :

Tél : +33 (0)1 58 35 92 86

E-mail : [rpmed@irsn.fr](mailto:rpmed@irsn.fr)

### Pour toute information :

Tél : +33 (0)1 58 35 71 46

Adresse : IRSN / DRPH - BP 17

92262 Fontenay-aux-Roses cedex FRANCE

The logo for IRSN, featuring the letters 'IRSN' in a bold, sans-serif font. The 'I' and 'R' are blue, the 'S' is red, and the 'N' is blue with a white diagonal line through it.

INSTITUT  
DE RADIOPROTECTION  
ET DE SÛRETÉ NUCLÉAIRE

## Rayonnements ionisants et santé

L'homme est en permanence exposé à des rayonnements ionisants, qu'ils soient d'origine naturelle ou artificielle.

L'exposition peut induire des effets sur la santé de l'homme, effets qui dépendent des conditions d'exposition et des doses reçues.

Il est important d'une part, de limiter les niveaux d'exposition et d'autre part, de connaître les effets pour les diagnostiquer, les pronostiquer et les traiter en cas de nécessité.

**Siège social**  
77-83, avenue du Général-de-Gaulle  
92140 CLAMART - FRANCE

**Téléphone**  
+33 (0)1 58 35 88 88

**Courrier**  
B.P. 17  
92262 Fontenay-aux-Roses Cedex - FRANCE

**Site Internet de l'IRSN**  
[www.irsn.org](http://www.irsn.org)