

A dark blue vertical bar is on the left side of the page. A blue arrow points from the right side of this bar towards the title text.

RAYONNEMENTS IONISANTS - RADIOPROTECTION

Dr BENAICHA SAMIA

Several thin, curved lines in shades of blue and grey originate from the bottom left corner and sweep upwards and to the right.

SANTE AU TRAVAIL ET ENVIRONNEMENT

OBJECTIFS :

- Classer les rayonnements ionisants
- Citer les sources d'exposition aux rayonnements naturelles, médicales et industrielles
- Reconnaître leurs effets sur la santé
- Citer les principes de la radioprotection

PLAN

I/ GENERALITES SUR LES RAYONNEMENTS IONISANTS

II/ SOURCES D'EXPOSITION HUMAINES AUX RAYONNEMENTS IONISANTS

III/ EFFETS BIOLOGIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS

IV/ EFFETS CLINIQUES DES RAYONNEMENTS IONISANTS

V/ PREVENTION

VI/ REPARATION

I/ Généralités sur les rayonnements ionisants

1/ Rappel des notions physiques

- La matière est constituée de molécules, lesquelles sont composés d'assemblage d'atomes.
- L'atome est constitué d'un noyau massif et chargé positivement, autour duquel gravitent des électrons peu massifs et chargés négativement.
- Le noyau est constitué de deux types de particules : les protons de charge positive et massifs, les neutrons pratiquement de même masse mais non chargés.
- Certains atomes sont instables, le retour à une situation plus stable s'opère par une désintégration c'est à dire l'émission d'une particule, chargée ou non, massive ou non qui véhicule une énergie ; ces atomes instables sont dits radioactifs, et l'émission de particules constitue **un rayonnement**.

2/ Les différents types de rayonnements :

- Particules alpha : ensemble de 2 protons et de 2 neutrons
- Particules bêta + et bêta - : ce sont des électrons et des positons
- Neutrons : non chargés, émis par le noyau
- Rayons gamma : ce sont des photons (rayonnement électromagnétiques) de haute énergie photonique
- Rayons X : photons

3/ Définitions

- **Rayonnements ionisants** : Les rayonnements qui sont regroupés sous le terme de « ionisants » possèdent une énergie suffisante pour être à l'origine d'une ionisation des molécules biologiques que ce soit directement ou indirectement.
- **Ionisation** : Phénomène où un électron est arraché à un atome électriquement neutre. On obtient ainsi deux ions: L'atome chargé positivement, et l'électron chargé négativement.
- **La radioactivité**: est une propriété physique, naturelle, qui permet aux noyaux de certains atomes instables, de revenir à la stabilité en émettant des rayonnements.
- **Exposition** : toute exposition de personne à des rayonnements ionisants
 - **Exposition externe**: exposition résultant de sources situées en dehors de l'organisme. Si la source est à distance de l'organisme, elle entraîne une irradiation ; si elle est au contact de la peau, elle entraîne une contamination.
 - **Exposition interne** : exposition résultant de sources situées dans l'organisme.
 - **L'exposition totale** : somme de l'exposition externe et de l'exposition interne.
 - **L'exposition globale** : l'exposition du corps entier considéré comme homogène.
 - **L'exposition partielle** : l'exposition portant essentiellement sur une partie de l'organisme ou sur un ou plusieurs organes ou tissus.

4/ Grandeurs et unités

- **Activité d'une source radioactive** : c'est le nombre de transformations radioactives qui s'y produisent en une seconde (becquerel : Bq).
- **Dose absorbée** : C'est la quantité d'énergie communiquée par le rayonnement aux molécules du milieu traversé par unité de masse = une perte d'énergie de la part du rayonnement dans cette matière (le gray).

- **Equivalent de dose:** traduit les effets biologiques des rayonnements sur les tissus. Il s'exprime en sieverts (Sv).

II/ Sources d'exposition humaines aux rayonnements ionisants

1/ Exposition naturelle

- Rayonnements cosmiques (7% de la dose totale reçue).
- Rayonnement tellurique (11% de la dose totale reçue)
- Le radon (c'est un gaz naturel radioactif; 34% de la dose totale reçue)

2/ Exposition professionnelles

- Médecine : curiethérapie, scintigraphie, cobalthérapie, radiodiagnostic, radiothérapie conventionnelle
- Laboratoires de recherche
- Industrie :
 - Jauges d'épaisseur, jauges de niveau, mesure de débit, d'usure.
 - Radiographie industrielle
 - Radioscopie de contrôle
 - Polymérisation de la matière plastique
 - Industrie nucléaire

III/ Effets biologiques des rayonnements ionisants

1/ Les effets moléculaires:

- **La radiolyse de l'eau** : sous l'influence de RI, une molécule d'eau se décompose en deux radicaux libres qui sont très réactifs, provoquant des lésions sur les molécules voisines.
- **Les effets sur l'ADN** sont dus soit à une action directe sur la molécule, soit à un effet indirect par radiolyse de l'eau.
les conséquences des lésions de l'ADN se divisent en deux grands types :
les phénomènes de mortalité cellulaire et les mutations

2/ Les effets cellulaires:

- Perte de viabilité : ou incapacité à de la cellule de se diviser
- Mutation : modification permanente du patrimoine génétique de la cellule
- Mort cellulaire immédiate : par altération des membranes cellulaires et l'arrêt de certains métabolismes.

3/ Au niveau tissulaire : La lésion tissulaire est due à :

- Mort cellulaire du tissu
- Réaction inflammatoire : effets immédiats
- Troubles de la vascularisation : effets tardifs

IV/ Effets cliniques des rayonnements ionisants

On distingue deux types d'effets chez l'homme les effets obligatoires ou déterministes et les effets aléatoires ou stochastiques

1/ Les effets déterministes

S'observent au-delà d'un seuil de 0.2 à 0.3 Gy, se manifestent toujours, sont précoces, sont d'autant plus grave que la dose est importante, et sont différents selon que l'exposition est globale ou partielle.

A/ Irradiation généralisée

Les tissus critiques sont la moelle osseuse et l'intestin, la gravité est fonction de la dose:

- < 1 Gy : lymphopénie temporaire régressant spontanément

- 1 – 2 Gy : nausée, vomissements

- 2.5 – 5 Gy : l'évolution se fait en 4 phases :

- phase initiale : nausée vomissement, hyperthermie, lymphopénie, puis pic transitoire de PN
- phase de latence : clinique de quelques jours à 2 semaines, d'autant plus courte que la dose est élevée
- phase critique : asthénie intense, prostration, obnubilation, céphalée, fièvre, frissons, ulcération buccale, hypotension, tachy-arythmie. Biologie : lymphopénie, leucopénie très marquée, taux des plaquettes très bas
- Phase de rémission et de récupération : débute 8 à 10 jours d'aplasie médullaire et peut durer plusieurs mois

- 7 Gy : manifestations intestinales, diarrhées, perforation, hémorragies

- 10 Gy : manifestation neurologiques immédiates. Aucun traitement n'est efficace, hypotension, arythmie, tachycardie, décès par état de choc.

B/ Irradiation localisée

Les effets dépendent de la dose reçue, et de l'organe atteint

a / Effets sur la peau

- Les radiodermites précoces:

Degrés	Délai	Lésions / durée	Séquelles
1 ^{er} degrés : radio-épidermite érythémateuse	10 à 20 j	Erythème plus ou moins foncé prurigineux, puis desquamation ; dure 1 semaine	Dépilation temporaire
2 ^e degrés : radioépidermite bulleuse	8 à 10 j	Erythème intense, prurit, phlyctènes, ulcération ; dure 1 à 2 mois	Pigmentation, dépilation définitive
3 ^e degrés : radiodermite ulcéreuse	Quelques jours	Erythème intense, œdème, bulles douloureuses, ulcération profonde, dure des mois voire des années	Cicatrisation incertaine, sclérose

- Les radiodermites tardives:

ce sont les classiques radiodermites des radiologistes, survenant après plusieurs années de latence, mais qui, une fois constituées, ne régressent plus

- **Le premier stade** est atrophique : la peau, d'abord seulement sèche et pigmenté s'amincit tandis que les poils tombent, que les ongles se fendillent. Des télangiectasies apparaissent
- **Le second stade**, ulcéreux. L'ulcération est atone, douloureuse. C'est une « radionécrose tardive » déclenchée par un traumatisme, une infection
- **Le troisième stade**, cancéreux, n'est pas obligatoirement fatal. L'ulcération se transforme, les bords s'épaississent, le fond est bourgeonnant, la base adhérente au plan profond. Il s'agit d'un épithélioma spinocellulaire.

b / Effets sur les gonades

- **Testicule** :

0.2 Gy : oligospermie

2Gy : stérilité de quelques mois à 2 ans (il n'y a pas d'atteinte de la fonction endocrine)

- **Ovaire** : la stérilité apparaît à 12 à 15 Gy chez la femme de 25 ans et à 7Gy chez la femme de 40 ans

c / Effets sur l'oeil

- Le cristallin est la structure radiosensible de l'oeil avec possibilité de cataracte

d / Effet des RI sur l'embryon et le fœtus

- avant la nidation : loi du tout ou rien : soit mort embryonnaire, soit développement normal

- pendant l'embryogenèse : anomalies majeures

- période foetale : risque d'atteinte du SNC et cancérogenèse

2/ Effets aléatoires ou stochastiques

Ils n'ont pas de seuil de doses, résultent de lésions mal réparées des molécules d'ADN, n'apparaissent pas chez tous les individus, sont tardif voire même chez la descendance et quand la dose augmente, leur fréquence augmente mais leur gravité reste la même.

- effets génétiques : anomalies chromosomiques portant sur le nombre et la structure

- effets cancéreux : le délai d'apparition des cancers est très variable.

V/ Prévention

Les différentes classes d'exposition :

• **Catégorie A (DATR)**: comporte les travailleurs susceptibles de recevoir, dans les conditions habituelles de travail, une dose efficace supérieure à 6 mSv/ an ou une dose équivalente supérieure aux 3/10 des limites annuelles d'exposition.

• **La catégorie B (non DATR)**: comprend les travailleurs exposés aux rayonnements ionisants ne relevant pas de la catégorie A.

• **Catégorie C**: autres sujets, comme la population

1/ LEGISLATION

Le texte législatif relatif à la radioprotection sont représentés par :

- **Le décret présidentiel n° 05-117 du 11 avril 2005 relatif aux mesures de protection contre les RI (JORA 27/2005).**

2/ Prévention technique :

A/ Prévention technique Collective

- Désignation d'une personne compétente en radioprotection
- Identification et délimitation de la zone contrôlée
- Accès réglementé et signalé
- **Contre l'irradiation :**
 - Ecrans adaptés au risque
 - Vérification périodique de tous les appareils et dispositifs de mesures
 - Installation de dispositif de mesure de dose avec signalisation sonore et visuelle en cas de dépassement de dose.
- **Contre la contamination :**
 - Confinement de la source radioactive
 - Surfaces lisses et imperméables
 - Enlèvement des objets superflus
 - Ventilation appropriée
 - Stockage des sources radioactives dans des conteneurs appropriés protégés contre le vol, l'incendie, la dispersion
 - Disposer de moyens de contrôle de la contamination des travailleurs et des locaux
 - Affichage des consignes sur les lieux du travail, du nom de la personne chargée de la radioprotection et du médecin chargé de procéder aux premiers soins
- Information des travailleurs sur les risques et les précautions à prendre
- Les doses limites:

Organes ou tissus	Durée de l'exposition	Travailleurs exposés		Personnes du public
		Catégorie A	Catégorie B	
Exposition globale	Annuelle	0.050 Sv	0.015 Sv	0.001 Sv
Exposition partielle				
- cristallin	Annuelle	0.15	0.015	0.015
- peau	Annuelle	0.50	0.05	0.050
- mains, avants-bras, pieds, chevilles	Annuelle	0.50	0.05	

B/ Prévention technique Individuelle

- Port de gants, de blouse plombés contre l'irradiation
- Port de gants jetables, de tabliers imperméables adaptés au risque de contamination
- Contrôler la contamination externe avant de quitter les lieux du travail
- Port obligatoire du dosimètre individuel et analyse périodique et régulière

3 Prévention médicale

A/ **Visite d'embauche** : ou admission en zone contrôlée ou aptitude en DATR ou aptitude en catégorie A

- Interrogatoire minutieux à la recherche de :

- Affections hématologiques héréditaires ou acquise
- Affections ayant un retentissement hématologique
- Equivalents de dose reçus antérieurement

- Faire un examen clinique général

- Des examens paracliniques de référence :

- FNS
- Radio du thorax

B/ Visite périodique:

- A lieu tous les 6 mois

- Examen clinique généralisé

- FNS avec frottis

- Examens radiotoxicologiques ou anthropogammamétries

- Motifs d'incapacité formelle :

- Anomalies hématologiques héréditaires ou acquises
- Grossesse
- Age moins de 18 ans
- Antécédents d'irradiation thérapeutique ou accidentelle
- Anomalies de la FNS isolées ou associées lors de plusieurs examens répétés, complétés si nécessaire par médullogramme
 - GR < 3 500 000 / mm³ et > 6 000 000 /mm³
 - GB < 3 500/mm³ et >13 000/mm³
 - PN < 35% et > 80%
 - TS > 6mn

La décision d'aptitude est différée dans les cas suivants :

- GR < 3 800 000/mm³ ou > 5 500 000/mm³
- GB < 4000/mm³ ou > 12 000/mm³
- PN < 40% ou > 75%

6/ Réparation

Les affections provoquées par les rayonnements ionisants sont indemnisés au titre des maladies professionnelles indemnisables figurant dans **le tableau numéro 6.**

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des principaux travaux susceptibles de provoquer ces affections
Anémie, leucopénie, thrombopénie ou syndrome hémorragique consécutifs à une irradiation aiguë	90 jours	Tous travaux exposant à l'action des rayons X ou des substances radioactives naturelles ou artificielles ou à toute autre source d'émission corpusculaire, notamment : - extraction et traitement des minerais radioactifs ; - préparation des substances radioactives ;
Anémie, leucopénie, thrombopénie ou syndrome hémorragique consécutifs à une irradiation chronique	1an	
	90jours	

Blépharite ou conjonctivite	1an	- préparation des produits chimiques et pharmaceutiques radioactifs ; - préparation et application des produits luminescents radifères ; - recherches ou mesures sur les substances radioactives et les rayons X dans les laboratoires ; - fabrication d'appareils pour radiothérapie et d'appareil à rayons X ; - travaux exposant les travailleurs au rayonnement dans les hôpitaux, les sanatoriums, les cliniques, les dispensaires, les cabinets médicaux, les cabinets dentaires et radiologiques, dans les maisons de santé et les centres anticancéreux ; - travaux dans toutes les industries ou commerces utilisant les rayons X, les substances radioactives, les substances ou dispositifs émettant les rayonnements indiqués ci-dessus.
Kératite	10 ans	
Cataracte	90 jours	
Radiodermites aiguës		
Radiodermites chroniques	10 ans	
Radio-épithéliite aiguë des muqueuses	90 jours	
Radiolésions chroniques des muqueuses	5 ans	
Radionécrose osseuse	30 ans	
Leucémies	30 ans	
Cancer bronchopulmonaire primitif par inhalation	30 ans	
	50 ans	
Sarcome osseux		

Bibliographie:

1. **Guen B., Masse R.** Effets des faibles doses des rayonnements ionisants. EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), Toxicologie - Pathologie professionnelle, 16-510-A-10, 2007.
2. **Tubiano M, Jammet H, Bertin M,** Les rayonnements ionisant, Emc, paris, intoxication ; maladies par agents physiques, 18510 A, 1985,14
3. INRS. Rayonnements ionisants. En ligne. www.inrs.fr/risques/rayonnements-ionisants.2020
4. Le décret présidentiel n° 05-117 du 11 avril 2005 relatif aux mesures de protection contre les RI
5. Décret du 05 mai 1996 fixant la liste des maladies professionnelles (tableau N°6)