

Les rayonnements ionisants

I. Introduction :

- Les rayonnements ionisants prennent naissance dans les structures des atomes qui constituent la matière.
- La matière est constituée de molécules, lesquelles sont composées 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, l'émission de particules constitue un rayonnement.

II. Nature des rayonnements ionisants :

Un rayonnement particulaire ou électromagnétique est dit ionisant lorsqu'il est capable d'arracher des électrons de la matière.

1. Rayonnement alpha : trop de nucléons

- Le noyau éjecte quatre nucléons (2 protons et 2 neutrons) sous forme d'un noyau d'hélium qui lancé à grande vitesse constitue une particule alpha.
- Le noyau est instable parce qu'il est trop lourd.
- Les rayonnements alpha sont très peu pénétrant, ne traverse pas une feuille de papier.

2. Rayonnement bêta :

- On a deux types de rayonnement bêta : bêta (+) et bêta (-)
 - ✓ *Excès de neutrons* : transformation d'un neutron en proton qui donne lieu à l'émission d'un électron négatif, qui lancé à grande vitesse constitue des particules bêta (-).
 - ✓ *Excès de protons* : transformation d'un proton en neutron qui donne lieu à l'émission d'un électron positif ou positron qui lancé à grande vitesse constitue les particules bêta (+).
- Le noyau est instable parce qu'il ya trop de neutrons ou trop de protons.

- Les rayonnements bêta sont peu pénétrants, il faut une plaque de plexiglas pour les arrêter.

3. Rayonnement gamma :

- Caractérisé par l'excès d'énergie des noyaux à l'origine d'un état d'excitation, le retour à l'état stable se fera par l'émission de photon gamma.
- Les rayons gamma sont très pénétrants, il faut du plomb ou du béton pour les arrêter.

4. Rayonnement X :

- Même type de radiation que le rayonnement gamma, la différence qu'elles sont émises par l'enveloppe électronique de l'atome et non par le noyau
- Ils sont très pénétrants
- Il faut du plomb pour les arrêter

5. Rayonnements neutroniques :

- Ils sont libérés au cours de la fission des noyaux d'uranium
- A l'état libre le neutron est radioactif c'est-à-dire qu'il se désintègre spontanément
- Ce sont des rayonnements très pénétrants, il faut du béton, de l'eau ou de la paraffine pour les arrêter

III. Modes d'exposition :

1. Exposition externe ou irradiation externe sans contact cutané :

La source de rayonnement est extérieure et à distance de l'organisme, pouvant entraîner une exposition faible ou localisée. Ce type d'exposition résulte essentiellement de l'exposition aux rayonnements gamma, X et neutroniques.

2. Exposition externe ou contamination externe par contact cutané :

La peau subit une contamination par des dépôts de substances radioactives.

3. Exposition interne :

Elle résulte de la pénétration des substances radioactives dans l'organisme par ingestion, par inhalation (poussière, gaz, vapeurs, fumées et brouillard) et par voie cutanée muqueuse (blessure).

Les lésions provoquées dépendent de la dose absorbée, du débit de dose absorbée, du type de rayonnement et de la nature du tissu ou de l'organe irradié.

IV. Expositions professionnelles :

- Professions médicales et paramédicales : radiodiagnostic, radiothérapie et médecine nucléaire.
- Travailleurs des centres de recherche utilisant des sources radioactives.
- Industrie nucléaire.
- Travailleurs des mines d'uranium.
- Les secteurs industriels utilisant des sources radioactives.

V. Sources d'expositions humaines aux rayonnements :

A. Exposition naturelle : 58% de la dose totale reçue

1. Rayonnements cosmiques : 7% de la dose totale reçue

- Provient de l'espace et augmente avec l'altitude.
- Les principaux radioéléments formés par l'action du rayonnement cosmique sur les éléments constitutifs de l'air tels le carbone 14 et le tritium.

2. Rayonnement tellurique : 11% de la dose totale reçue

A pour origine les radionucléides primordiaux (de l'uranium, du thorium et du potassium) apparu au moment de la formation de la terre.

3. Le radon : 34% de la dose totale reçue

C'est un gaz naturel radioactif. C'est la principale source de d'exposition naturelle. Il provient essentiellement de la désintégration de l'uranium présent dans la couche terrestre.

4. Les eaux minérales et les aliments : 6% de la dose totale reçue.

Les radionucléides de la croûte terrestre (principalement le 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.

B. Exposition artificielle : 42% de la dose totale reçue.

La quasi-totalité de l'irradiation artificielle reçue par la population est d'origine médicale. Les principaux domaines de l'utilisation médicale des rayonnements ionisants sont :

- La radiologie
- La médecine nucléaire
- La radiothérapie

VI. Unités de mesure en radioprotection :

1. L'activité :

- Le nombre de noyaux qui se désintègrent spontanément par unité de temps.
- Le Becquerel (Bq) est l'unité de mesure de la radioactivité qui correspond à une désintégration par seconde.

2. La dose absorbée

- C'est la quantité d'énergie communiquée à la matière traversée par unité de masse.
- Elle se mesure en Gray (Gy)

3. L'équivalent de dose efficace :

- A doses égales les effets biologiques sont différents selon la nature du rayonnement et selon les tissus exposés.
- Ils se calculent en sievert.

4. Le débit de dose :

- C'est la dose reçue par unité de temps.
- Elle s'exprime en Gy/s.

VII. Interactions physiques entre rayonnements ionisants et matière :

Il s'agit de collisions entre Rayonnements ionisants et électrons des atomes constituant la matière vivante. Ceux-ci, selon l'énergie communiquée à leurs électrons, sont soit excités soit ionisés.

1. Phénomènes d'ionisation :

L'énergie du rayonnement ionisant est supérieure à l'énergie de liaison des électrons, ce qui entraîne un arrachement d'un électron du cortège électronique. L'atome est dit ionisé.

2. Phénomène d'excitation :

Si l'énergie n'est pas suffisante pour arracher un électron, mais suffisante pour faire passer un électron d'un niveau énergétique fondamental à un niveau énergétique supérieur, l'atome est dit excité.

VIII. Effets biologiques des rayonnements ionisants :

1. Les effets moléculaires :

- Radiolyse de l'eau en deux radicaux libres ---> lésions sur les molécules voisines.
- Conséquences des lésions sur l'ADN :
 - ✓ Phénomène de mort cellulaire
 - ✓ Mutations génétiques.

2. Les effets cellulaires :

▪ La mort cellulaire :

- ✓ Doses très élevées ---> lésions moléculaires ---> mort cellulaire immédiate.
- ✓ Doses plus faibles ---> lésions moléculaires ---> mort cellulaire différée ---> perte de la capacité de division.

▪ Les mutations :

Les cellules peuvent garder leur pouvoir de division mais transmettent à leur descendance des anomalies induites, pouvant engendrer :

- ✓ Si elles touchent les cellules somatiques ---> cancer
- ✓ Si elles touchent les cellules germinales ---> anomalies héréditaires

▪ Les mitoses :

La radiosensibilité varie selon :

- ✓ Le type de rayonnement
- ✓ Le type de tissu concerné
- ✓ Le cycle cellulaire

Les rayonnements ionisants retardent la mitose.

3. Les effets tissulaires :

- Résultent de la somme des effets cellulaires et apparaissent à partir d'une dose seuil.
- Les tissus les plus radiosensibles sont : tissus hématopoïétiques, poumon et gonades.
- Les tissus les moins radiosensibles sont : tissus nerveux et musculaires.

IX. Effets des rayonnements ionisants chez l'homme :

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, sont clairement décrits du point de vue symptomatique 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 :

- A 0,2 Gy : lymphopénie temporaire régressant spontanément.
- A 1 Gy : on a uniquement des signes biologiques régressant spontanément.
- De 1 à 2 Gy : nausées et vomissements.
- De 2,5 à 5 Gy : l'évolution se fait en 4 stades :
 - ✓ Stade initiale : nausées, vomissements, hyperthermie, lymphopénie puis pic transitoire de PN.
 - ✓ Stade de latence : d'autant plus courte que la dose est élevée.
 - ✓ Stade critique : asthénies, prostrations, obnubilations, céphalées, fièvres, ulcérations buccales, hypotensions et tachyarythmies.

Biologie : lymphopénie, leucopénie très marquée et taux de plaquettes très bas.

- ✓ Stade de rémission et de récupération : débute après 8 à 10 jours d'aplasie médullaire peut durer plusieurs mois.
- A 7 Gy : manifestations intestinales, diarrhées, perforations et hémorragies.
- A 10 Gy : manifestations neurologiques immédiates, hypotension, arythmies, tachycardies et décès par état de choc.

B. Irradiations localisées :

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

▪ Effets sur la peau :

- ✓ Radiodermites précoces
 - Entre 5 et 6 Gy : on a radioépidermite érythémateuse.
 - Entre 10 et 15 Gy : on a une radioépidermite bulleuse.
 - A 15 Gy : radiodermite ulcéreuse.
- ✓ Radiodermites tardives : surviennent après plusieurs années de latence, une fois constituées elles ne régressent jamais. Elles évoluent en plusieurs stades :
 - Stade atrophique : atrophie télangiectasie, peau sèche avec des zones d'hyperpigmentation, et d'autres dépigmentées, chute de poils et hyperkératose.
 - Stade ulcéreux : ulcère non douloureux suivi d'une nécrose provoqué par un traumatisme ou une infection.
 - Stade cancéreux : n'est pas obligatoire, l'ulcération se transforme le plus souvent en épithéliomas spino cellulaire.

▪ Effets sur les gonades :

- ✓ Testicules : oligospermie pour des doses de l'ordre de 0,2 Gy, stérilité de quelques mois à 2 ans après une irradiation de 2 Gy et pas d'atteinte de la fonction endocrinienne.

- ✓ **Ovaires** : sont moins sensibles que les testicules, stérilité et arrêt de la fonction endocrinienne sont obtenus pour des doses de 12 à 15 Gy chez la femme de 25 ans et de 7 Gy chez la femme de 40 ans.
- **Effets sur l'œil** :
 - ✓ Cataracte radio induite.
 - ✓ Radiodermite des paupières.
 - ✓ Blépharites avec chute des cils.
 - ✓ Conjonctivites et kératite.
 - ✓ Syndrome sec oculaire.

2. Les 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 tardifs voire même chez la descendance et quand la dose augmente, leur fréquence augmente mais leur gravité reste la même.

A. Effets cancérogènes :

Supérieure à 1Gy : il y'a un risque d'augmentation de l'incidence de certains cancers, en particulier les leucémies et les cancers de la thyroïde.

B. Effets génétiques : Peuvent concerner soit les chromosomes soit un ou plusieurs gènes.

3. Les effets tératogènes :

- **Avant la nidation** : les effets sont de type tout ou rien
 - ✓ Mort de l'embryon.
 - ✓ Développement normal.
- **Pendant la période d'embryogénèse** : 10^{ème} j après la conception jusqu'à la fin du 2^{ème} mois
 - ✓ Mort cellulaire--> empêche le développement de l'ébauche d'un organe--->anomalie majeure.
- **Au cours de la période fœtale** : au-delà du 60^{ème} j
 - ✓ Atteinte du SNC --> retard mental du 4^{ème} et 16^{ème} semaines.
 - ✓ Risque de cancer en fin de grossesse.

X. Prévention :

Les différentes classes d'exposition :

- **Catégorie A** : travailleurs directement affectés à des travaux sous rayonnement (DATR).
- **Catégorie B** : travailleurs non directement affectés à des travaux sous rayonnement (NDATR).
- **Catégorie C** : autres sujets, comme la population.

1. Prévention technique

- Désignation d'une personne compétente en radioprotection.
- Délimitation d'une zone contrôlée.
- Contrôle des installations.
- Information des travailleurs sur les risques et les précautions à prendre pour les éviter.
- Limitation de la durée d'exposition.
- Augmentation de la distance séparant la source de l'utilisateur.
- Port de vêtements de travail appropriés (gants, blouses, lunettes, protèges gonades) qui doivent être plombés.
- Port de dosifilm avec contrôle régulier.

2. Prévention médicale :

Le but de la visite est de prévenir et de dépister toutes les affections susceptibles d'être en relation avec cette exposition et de déceler toute contre indication de l'affectation ou du maintien au poste exposé.

A. Visite d'embauche :

- Procéder à un examen clinique complet à la recherche d'affection pouvant constituer une contre indication au travail sous rayonnement.
- Ecarter toute femme enceinte.
- Demander une formule (FNS) qui servira de référence lors des examens périodiques ultérieurs.

B. Visite périodique : tous les 6 mois

- Procéder à un examen clinique soigneux.
- Demander une formule complète avec formule blanche.
- Les résultats suivants constituent une contre indication à l'exposition :
 - ✓ GR < à 3500 000 ou > à 6000 000
 - ✓ GB < à 3500 ou > à 13000
 - ✓ PN < à 35% ou > à 80%

C. Visite spontanée :

On accordera une importance particulière au motif de consultation et on veillera toujours à éliminer une origine professionnelle.

XI. Réparation :

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

Dr GUENOUNE