

## P2 UE2 Fiche de cours n°7 : Radiobiologie-Radioprotection

Il existe 2 types d'irradiation :

Irradiation naturelle, avec :		Irradiation artificielle
<u>Irradiation externe</u> : - Rayonnements cosmiques - Rayonnements Terrestres : sols et eaux - Rayonnements domestiques : radon dans les matériaux de construction	<u>Irradiation interne</u> : c'est l'irradiation qui provient des <b>êtres humains</b> eux-mêmes	- <u>médicale</u> : thérapeutique (radiothérapie) et diagnostic (radiologie, médecine nucléaire) - <u>industrielle</u> : centrale nucléaire - <u>militaire</u> : bombe nucléaire

L'intensité des rayonnements varie selon différents facteurs :

- les rayonnements cosmiques varient en fonction de l'**altitude** (plus faible au niveau de la mer)
- les rayonnements terrestres varient selon la **région du monde** (plus fort en Bretagne et dans le Massif Centrale)
- les rayonnements issus des eaux varient également en fonction de la **source**

### DEFINITIONS

- rayonnements ionisants (RI) : les RI interagissent avec la matière en produisant des **excitations** et des **ionisations**, la matière absorbe le rayonnement. Il existe **différents types de RI** : les particules  $\alpha$ , les particules  $\beta$ , les rayons **X**, les photons  $\gamma$  et les **neutrons**.

- dose absorbée (unité : Gray Gy) : pour toutes les particules, c'est l'**énergie absorbée par unité de masse de matière** traversée par cette particule (**1 Gy = 1 Joule/kg**)

- dose (D) (unité : Gy) : notion physique qui **ne permet pas** d'apprécier correctement les **effets biologiques** (mort cellulaire, mutation, ...)

- dose équivalente (Ht) (unité : Sievert Sv) : dose définie pour les besoins de **la radioprotection**, tient compte des **nocivités différentes de chaque rayonnement**. La dose équivalente est donc pondérée par un **facteur de pondération  $W_r$**  (lié à la NATURE du rayonnement).

$$H_t (Sv) = W_r \times D (Gy)$$

- dose efficace (E) (unité : Sv) : **somme des doses équivalentes** délivrées à chaque organe ou tissu, **pondérées par le facteur tissulaire  $W_t$**  (lié à la **radiosensibilité** du tissu touché).

$$E (Sv) = W_t \times H_t (Sv) = W_t \times W_r \times D (Gy)$$

- débit de dose : le débit avec lequel une dose D de rayonnement ionisant est administrée **conditionne autant l'étendue de l'irradiation** que les facteurs de pondération liés au tissu et au rayonnement. Il s'agit de la **dose de rayonnement administrée par unité de temps** : en **Gy/h** ou en **Gy/min** pour la **radiothérapie** et en **mGy/an** en **radioprotection**.

- TEL ou Transfert d'Énergie Linéique (en keV/ $\mu$ ) : il s'agit de la **quantité d'énergie transférée à la matière par unité de distance** lorsqu'un rayonnement ionisant parcourt la matière. **Plus le TEL est élevé et plus le rayonnement transfère d'énergie sur une courte distance** et plus il est **ionisant**. Il est donc **plus nocif** mais sur une moins grande étendue.

<b>Lésions moléculaires :</b>		
lésions causés par l'exposition à des rayonnements ionisants surtout liés à :		
<b>La radiolyse de l'eau</b>	<b>Des lésions de l'ADN</b>	
contribue à la formation de <b>radicaux libres</b> très réactifs : HO <sup>-</sup> très <b>oxydant</b> surtout combiné en H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> et H <sup>+</sup> très <b>réducteur</b>	<u>Lésions directes :</u> transfert <b>direct</b> de l'énergie du rayonnement à la molécule d'ADN (exemple : cassure d'un brin d'ADN)	<u>Lésions indirectes :</u> les RI provoquent la radiolyse de l'eau. <b>Les produits de la radiolyse de l'eau</b> provoquent des <b>lésions</b> sur l'ADN

- effets déterministes : **dépendent de la dose administrée**. Si la dose dépasse un certain **seuil**, il y aura des effets tissulaires ou moléculaires (irradiation locale ou globale, effets sur l'embryon et le fœtus). Si la dose ne dépasse pas ce seuil, il n'y aura pas d'apparition d'effet.

- effets stochastiques : effets plus **aléatoires**. Ils dépendent de **facteurs individuels**. Il n'y a **pas d'effets de seuil** mais seulement une **probabilité** d'apparition des effets **liée à la dose** reçue. Cette probabilité existe pour des **doses supérieures à 200 mSv**.

*La prof a précisé que les 3 parties sur lesquelles il fallait insister étaient : « Pour le fœtus et l'embryon, pour quelles doses s'inquiéter ? », « les 3 lois de la radioprotection » et « mesure contre l'exposition externe et les types d'écrans selon le rayonnement ».*

### **Effets observés lors de l'irradiation de l'embryon et du fœtus pendant la grossesse**

Les conséquences de l'irradiation in utero dépendent de la période de la grossesse :

- Période **préimplantatoire** (1-8 jours) = loi du **tout ou rien** (mort ou normal)
- Période de l'**organogénèse** (j8-8<sup>ème</sup> semaine) = risque important de **malformations organiques** et **d'avortement spontané**. (40% des femmes ont eu un avortement spontané à Hiroshima pour D > 1 Gy)
- Période **foetale** (8<sup>ème</sup> semaine-fin de la grossesse) = risque de **retard mental** et de **retard de croissance (microcéphalie)** pour D > 0,1 Gy à Hiroshima, trouble de la croissance pour D > 1 Gy

Pour quelle dose s'inquiéter ?

Le risque dépend de la dose reçue par le fœtus ou l'embryon : seuil de 0,2 Gy pour l'espèce humaine.

En pratique :

- le risque est **négligeable** pour **D < 100 mGy** : interruption thérapeutique de grossesse (ITG) **non conseillée**
- si **D > 200 mGy** (seuil de l'espèce humaine) : ITG **conseillée**
- si **100 < D < 200 mGy** : **à discuter** avec la mère

En l'absence de certitude :

- **hypothèse pessimiste** d'absence de seuil = irradiation **interdite** durant la grossesse
- mais il existe des **incertitudes** au sujet des faibles doses : le risque de **malformation spontanée** est de **5%** et les faibles doses ne modifie pas significativement ce risque)

## Les 3 lois de la radioprotection

- **Justification** (de l'activité) : pour chaque exposition, il faut que le **bénéfice dépasse le risque** sur le plan **individuel** et **collectif**, il faut supprimer toute **irradiation inutile**
- **Optimisation** (de la protection) : exposition à un niveau de **dose aussi faible que raisonnablement possible** : **principe ALARA** (As Low As Reasonably Achievable). Limites professionnelles **très inférieurs** aux recommandations de 0,05 mSv/an
- **Limitations** (des doses individuelles) : avec **contrôle du respect des normes**. Limites de doses établies par la **loi** que l'on ne doit pas dépasser **20 mSv/an** pour un **travailleur** et **1 mSv/an** pour le **public**.

## Mesure contre l'exposition externe et les types d'écran selon le rayonnement

- **Distance** : l'intensité du rayonnement dépend de la **loi de l'inverse du carré de la distance** (plus la distance augmente, moins les rayonnements nous atteignent). Donc il faut **s'éloigner** de la source pour limiter l'exposition.
- **Temps d'exposition** : réduire la durée d'exposition
- **Utilisation d'écrans** :
  - Les **particules alpha** sont arrêtées par une **feuille de papier**
  - Les **particules beta +** et **beta -**, par du **plexiglas**
  - Les **neutrons**, par de l'**eau** ou du **plastique**
  - Les **photons gamma**, par du **plomb**

