

10. Bases radiobiologiques

1. *Indiquer les principales étapes de l'action biologiques des radiations.*

Moléculaires → chimique → cellulaire → tissulaire/organe → l'organisme → population

2. *Indiquer les effets déterministes chez un individu recevant une dose au corps entier de 0,1 Gy.*

La dose de seuil des effets déterministes est située à 0,5 Gy pour un adulte. Il peut apparaître la stérilité temporaire chez l'homme à partir d'environ 0,15 Gy.

Pendant l'embryogénèse (10 jours à 9 semaines), des réactions tissulaires peuvent apparaître à partir de 0,1 Gy.

Des effets somatiques, par ex. maladies cardiaques, des attaques cérébrales, des affections digestives, respiratoires et hématopoïétiques, des aberrations chromosomiques et la cataracte fassent l'objet d'un seuil de 0,1 Gy.

3. *Indiquer l'effet de dose au corps entiers de 10 Gy chez un individu en l'absence de traitement subséquent.*

Dépression de l'hématopoïèse (moelle osseuse, 0,5 Gy)

Stérilité permanente chez l'homme (3,6-6 Gy) et femme (2,5-6 Gy)

Déficiences visuelles (cataracte, 5 Gy)

Troubles gastro-intestinaux (nausée, diarrhée et vomissement)

L'atteinte du tractus gastro-intestinal combinée à la destruction du système hématopoïétique conduit à la mort de l'individu qui survient suite à la perte considérable des fluides et électrolytes de l'organisme (déshydrations), à la détérioration du système nutritionnel et à l'infection.

4. *On admet qu'un effet (hypothétique) a une probabilité de 10% par Sv à haute dose. Calculer le nombre d'effets induits dans une population de 7 millions d'habitants (population suisse) recevant en moyenne une dose de 1 mSv, en admettant un DDREF de 5 pour cet effet spécifique.*

Dose/Dose Rate Effectiveness Factor (DDREF) : Le facteur réduit l'estimation de risque des survivants de la bombe atomique (haute dose) afin de développer un standard destiné à la radioprotection (basse dose).

$N = 7 \times 10^6$ personnes, $D = 1 \text{ mSv/an}$, $R = 10\% \text{ Sv}^{-1}$, $DDREF = 5$

$$\frac{10\%}{\text{Sv}} = \frac{x}{10^{-3} \text{ Sv}} \rightarrow x = 0,01\%$$

En divisant ce résultat par la valeur de DDREF, on obtient un risque de : $\frac{0,01\%}{5} = 0,002\%$

Le nombre d'effets induits sur la population en considération est donc de :

$$0,002\% \times 7 \times 10^6 = 140 \text{ personnes/an}$$

5. *Calculer pour la population suisse le nombre annuel de cancers induit par l'irradiation naturelle dont la dose efficace moyenne est estimée à 5,9 mSv par an.*

$N = 7 \times 10^6$ personnes, $D = 5,9 \text{ mSv/an}$, $R = 5\% \text{ Sv}^{-1}$

Le risque associé à une dose de 1 mSv est donc :

$$\frac{5\%}{\text{Sv}} = \frac{x}{5,9 \times 10^{-3} \text{ Sv}} \rightarrow x = 0,03\%$$

Ainsi le nombre de décès annuels suite à un cancer radio-induit :

$$0,02 \% \times N = 2100 \text{ personnes/an}$$

7. Quels effets des radiations sont considérés dans l'évaluation du détriment ?

Les effets stochastiques de la radiation sur les organes.

8. Calculer la dose effective dans la situation suivante :

- Dose aux gonades : 2 mSv
- Dose à la moelle osseuse : 1 mSv
- Dose à la thyroïde : 5 mSv
- Dose aux autres organes : 0 mSv

Les doses sont données en équivalent de dose H_T .

En prenant les facteurs de pondération tissulaires (détriment relatif) basés sur les recommandations CIPR 103 (cf. ORaP) :

$$E = \sum_T w_T \times H_T = (0,20 \times 2 + 0,12 \times 1 + 0,50 \times 5) \text{ mSv} = 3,02 \text{ mSv}$$

11. Bases de la radioprotection

Citer et expliquer les principes de la radioprotection.

Justification et optimisation : liées à la source et s'appliquent à toutes les situations d'exposition. Limitation des doses individuelles : liée à l'individu et s'applique aux situations d'exposition planifiée (mais pas médicale)

1.

Justification : estimation du détriment via la dose collective (personne-Sievert)

Optimisation : ALARA, env. 200'000 CHF par pers.Sv.

Limitation : le risque stochastique est maintenu à un niveau acceptable pour l'individu

Expliquer la démarche suivie dans la limitation des doses individuelles pour les professionnels.

Risque lié à une irradiation annuelle régulière en admettant 47 ans d'activité (18 à 65 ans)

2.

Calcul en prenant compte plusieurs indicateurs (probabilité de décès lié à l'irradiation, contribution des cancers non mortels, contribution des effets héréditaires, nombres d'années perdues suite à un décès lié à la radiation, perte moyenne de l'espérance de vie à 18 ans)

→ 20 mSv/an (dose carrière = 1 Sv) a été retenu

Estimer la différence de probabilité de décès entre un individu du public (sans irradiation professionnelle) et un travailleur recevant dès 18 ans une dose annuelle de 10 mSv.

Détriment global :

3.

Publique (1 mSv/an) = 0,4% (Tableau 9.3, probabilité de cancer mortel)

Travailleur (10 mSv/an) = 1,8% (Tableau 9.2, probabilité de décès lié à l'irradiation)

$$\frac{\text{Probabilité de décès pour le travailleur}}{\text{Probabilité de décès pour le publique}} = \frac{1,8}{0,4} \approx 4,5$$

Démontrer que l'irradiation de la thyroïde (à l'exception de tout autre organe) jusqu'à la limite de dose effective n'induit pas d'effet déterministe.

Détriment pour la thyroïde : $w_T = 0,05$

4.

Limite de dose effective : $E = 20 \text{ mSv}$

$E = w_T \times H_T \rightarrow H_T = E/w_T = 20 \text{ mSv}/0,05 = 0,4 \text{ Sv} < 0,5 \text{ Sv}$ (seuil d'effets déterministes)

12. Irradiation de la population

1. *Quelles sont les diverses composantes de l'irradiation naturelles et quelle est la plus importante en Suisse ?*
Radon (plus importante, 3,2 mSv/an), cosmique (0,38 mSv/an), terrestre (0,35 mSv/an), propre/interne (due au K-40 et autres, 0,34 mSv/an)
Note : un adulte de 70 kg contient environ 160 g de potassium, donc $117 \cdot 10^{-6} \cdot 160 \text{ g} = 0,0187 \text{ g}$ de K-40 (env. 4900 Bq)
2. *A combien s'élève le nombre de travailleur faisant l'objet d'une surveillance dosimétrique en Suisse ?*
Environ 94'000¹
3. *Quel est le secteur d'activité qui conduit à la dose collective la plus élevée en Suisse ?*
Celui des centrales nucléaires (environ 3 pers.Sv).

¹ OFSP : Rapport annuel 2014, Dosimétrie des personnes exposées aux radiations dans l'exercice de leur profession en Suisse