

PRINCIPALES ÉVOLUTIONS RÉGLEMENTAIRES EN RADIOPROTECTION

25 septembre 2018

Médecin en chef **Gérald GAGNA**

Division formation



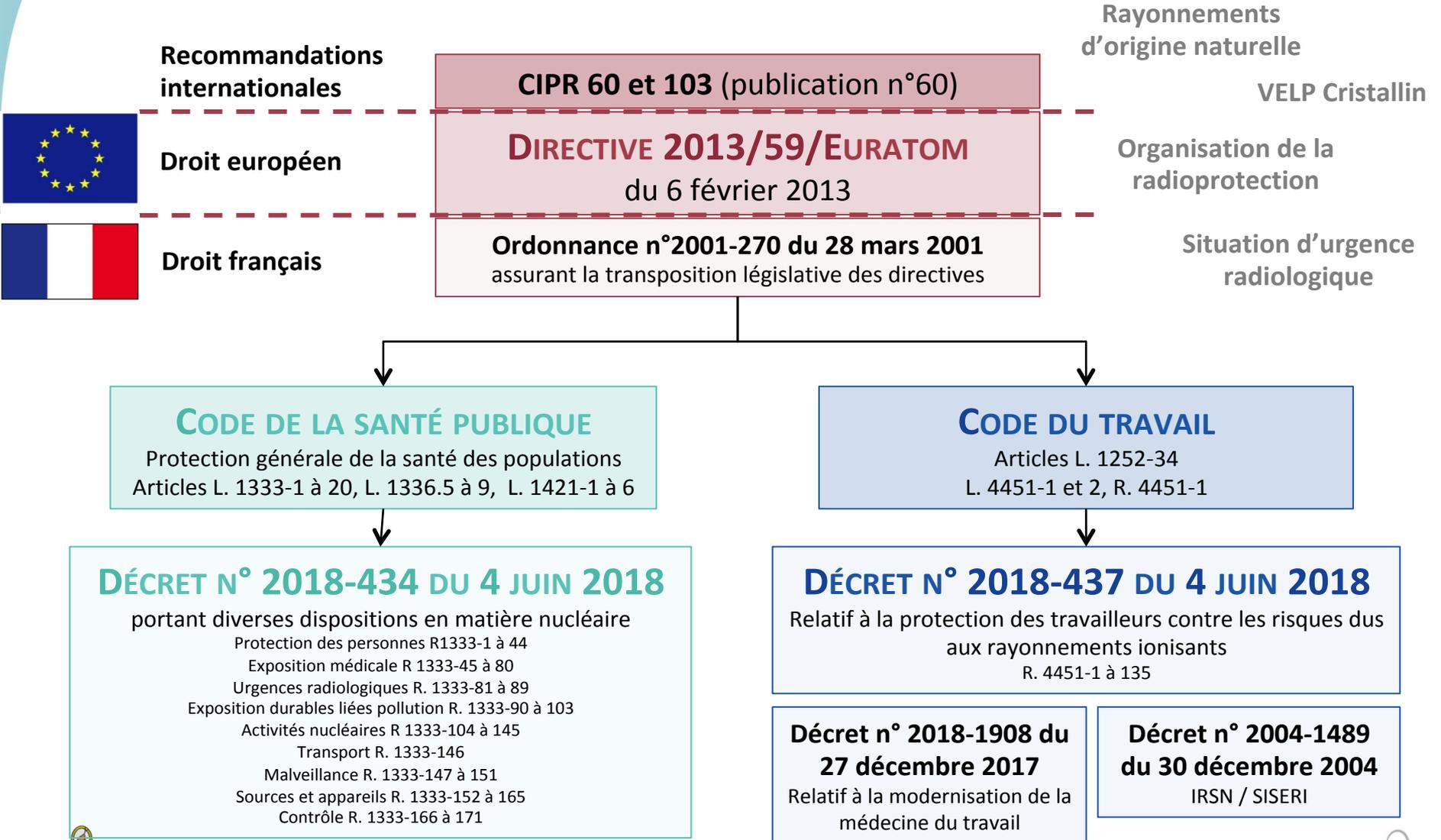
SERVICE DE PROTECTION RADIOLOGIQUE DES ARMÉES

PLAN

1. Organisation de la radioprotection
2. Dispositions Radon
3. Cristallin
4. Zonage radiologique
5. Suivi médical des travailleurs
6. Suivi radiologique des travailleurs
7. Situation d'urgence radiologique
8. Exposition exceptionnelle
9. Situation d'exposition durable
10. Contrôles techniques = Vérifications



1. CADRE RÉGLEMENTAIRE NATIONAL



D'après EMC



1. CHAMP D'APPLICATION

Code du travail : art. R. 4451-1 à 4

Tout travailleur susceptible d'être exposé à un risque dû aux **rayonnements ionisants** d'origine **naturelle** et/ou **artificielle**

Substances radioactives ou dispositifs en contenant

Fabrication / Production / Traitement / Manipulation / Stockage / Utilisation / Entreposage / Détention / Transport

Equipements électriques (V > 5 kV)

Fabrication / Exploitation

Sources naturelles rayonnements ionisants

Exploitation aéronefs, Engins spatiaux / NORM / Mines

Radon

Sous-sol et Rez-de chaussée / Zone radon / lieux spécifiques de travail

Situation d'urgence radiologique

Situation d'exposition durable

Exclusion

Radionucléides du **corps humain**

Rayonnement cosmique au niveau du sol

Rayonnement tellurique (croûte non perturbée)

Examens médicaux

Déplacements professionnels en avion



1. ORGANISATION DE LA RADIOPROTECTION

Code du travail : art. R. 4451-13 à 17 et 111 à 121

EMPLOYEUR



1. EVALUATION DES RISQUES



DOCUMENT UNIQUE D'ÉVALUATION DES RISQUES

Radioprotection ? : Classements des travailleurs / Délimitation des zones / Réalisation de contrôles



1. ORGANISATION DE LA RADIOPROTECTION

Code du travail : art. R. 4451-13 à 17 et 111 à 121

EMPLOYEUR



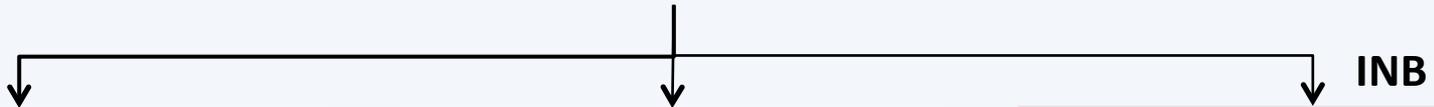
1. EVALUATION DES RISQUES

DOCUMENT UNIQUE
D'ÉVALUATION DES RISQUES

Radioprotection ? : Classements des travailleurs / Délimitation des zones / Réalisation de contrôles

2. MISE EN PLACE D'UNE ORGANISATION DE LA RADIOPROTECTION

Travailleurs (code du travail) / Public et environnement (code de la santé publique)



INB

**ORGANISME COMPETENT
EN RADIOPROTECTION**

Personne morale

**CONSEILLER EN
RADIOPROTECTION**

Personne physique

**POLE DE COMPETENCE
EN RADIOPROTECTION**

L'employeur : - Définit et consignes les modalités d'exercice des missions, temps et moyens alloués

- Prend l'avis du comité social et économique (CSE) sur l'organisation mise en place
- S'assure de l'articulation de la radioprotection entre médecine du travail, CSE, PCR



1. ORGANISATION DE LA RADIOPROTECTION

Code du travail : art. R. 4451-13 à 17 et 111 à 121

EMPLOYEUR



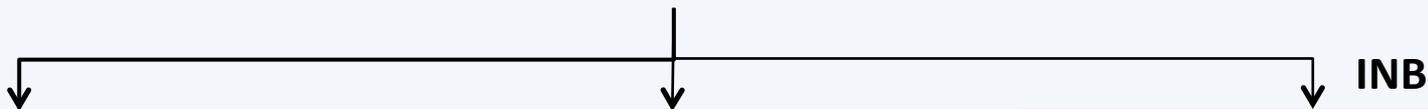
1. EVALUATION DES RISQUES

DOCUMENT UNIQUE
D'ÉVALUATION DES RISQUES

Radioprotection ? : Classements des travailleurs / Délimitation des zones / Réalisation de contrôles

2. MISE EN PLACE D'UNE ORGANISATION DE LA RADIOPROTECTION

Travailleurs (code du travail) / Public et environnement (code de la santé publique)



**ORGANISME COMPETENT
EN RADIOPROTECTION**

Personne morale

**CONSEILLER EN
RADIOPROTECTION**

Personne physique

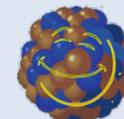
**POLE DE COMPETENCE
EN RADIOPROTECTION**

INB

L'employeur : - Définit et consignes les modalités d'exercice des missions, temps et moyens alloués

- Prend l'avis du comité social et économique (CSE) sur l'organisation mise en place
- S'assure de l'articulation de la radioprotection entre médecine du travail, CSE, PCR

3. EVALUATION INDIVIDUELLE DU RISQUE RADIOLOGIQUE PREALABLE À L'AFFECTATION AU POSTE DE TRAVAIL



1. ORGANISATION DE LA RADIOPROTECTION

Code du travail : art. R. 4451-13 à 17 et 111 à 121

EMPLOYEUR



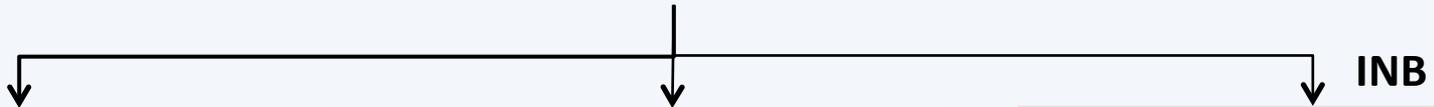
1. EVALUATION DES RISQUES

DOCUMENT UNIQUE
D'ÉVALUATION DES RISQUES

Radioprotection ? : Classements des travailleurs / Délimitation des zones / Réalisation de contrôles

2. MISE EN PLACE D'UNE ORGANISATION DE LA RADIOPROTECTION

Travailleurs (code du travail) / Public et environnement (code de la santé publique)



**ORGANISME COMPETENT
EN RADIOPROTECTION**

Personne morale

**CONSEILLER EN
RADIOPROTECTION**

Personne physique

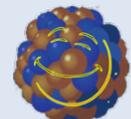
**POLE DE COMPETENCE
EN RADIOPROTECTION**

INB

L'employeur : - Définit et consignes les modalités d'exercice des missions, temps et moyens alloués

- Prend l'avis du comité social et économique (CSE) sur l'organisation mise en place
- S'assure de l'articulation de la radioprotection entre médecine du travail, CSE, PCR

3. EVALUATION INDIVIDUELLE DU RISQUE RADIOLOGIQUE PREALABLE À L'AFFECTATION AU POSTE DE TRAVAIL



1. CONSEILLER EN RADIOPROTECTION

Code de la santé publique : art R. 1333-18 à 20

Code du travail : art. R. 4451-122 à 124



Employeur



CONSEILLER EN RADIOPROTECTION (PCR)

RADIOPROTECTION DES TRAVAILLEURS

- **Donne des conseils***
 - Conception et modifications des **locaux**
 - **Zonage** : délimitation et accès
 - **Classement des travailleurs**
 - **Suivi de l'exposition individuelle**
 - Programmes de **vérification / Instrumentation**
 - **SUR**
- **Apporte son concours**
 - Surveillance des **expositions**
 - Coordination des **mesures de prévention**
 - Mesures et **moyens de prévention**
 - **Evaluation des risques**
 - Procédures de **décontamination**
 - Enquête et analyse des **ESR**
- **Exécute ou supervise** : **mesurages** (évaluation des risque) + **vérification**



Responsable de l'activité
nucléaire



CONSEILLER EN RADIOPROTECTION (CSP)

RADIOPROTECTION POPULATION ET ENVIRONNEMENT + MESURES DE PROTECTION COLLECTIVE DES TRAVAILLEURS

- **Donne des conseils***
 - Examen préalable des plans des installations
 - Efficacité du **contrôle interne**, des **procédures** et des **dispositifs techniques**
 - Réception et contrôle des **sources de RI** nouvelles ou modifiées
 - **Instrumentation**
 - **Optimisation** de la RP + contrainte de doses
 - Système **assurance qualité**
 - Programme de surveillance radio des **effluents** et de **l'environnement**
 - **Déchets radioactifs**
 - Enquêtes et analyse **ESR**
 - **SUR**
- **Exécute ou supervise** : les conseils donnés

*Conseils donnés au titre du **CSP** peuvent valoir conseils **code du travail** si ils portent sur le même objet



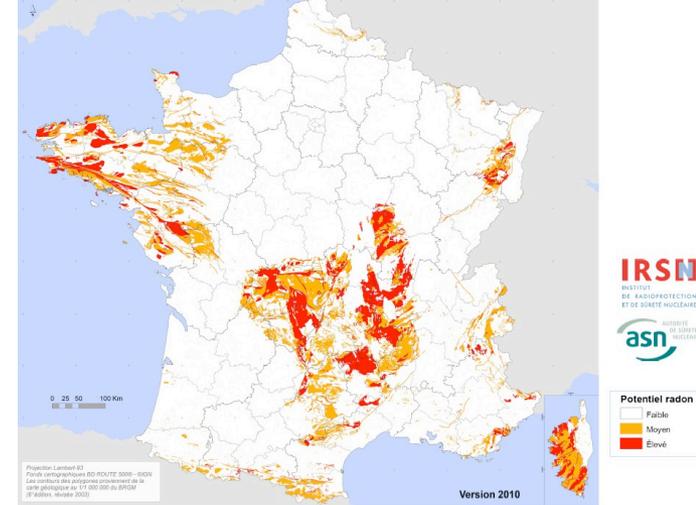
2. Disposition Radon

Code de la santé publique : Art. R. 1333-28 à 36

Code du travail : Art R 4451-10, 13, 14, 22, 23, 65, 82

Niveau de référence \neq valeur limite d'exposition

300 Bq/m³ en moyenne annuelle



- **Code de la santé publique : établissement recevant du public**
 - Etablissements d'enseignement (internat), accueil collectif d'enfants < 6 ans, sanitaires, sociaux et médico-sociaux, thermaux et pénitentiaires
 - Surveillance dans les communes à potentiel 3 (moyen et élevé)
- **Code du travail : lieu de travail**
 - **Sous-sol et Rez-de-chaussée.** Obligation de notification à l'autorité compétente si concentration en radon ne peut être réduite (< 300 Bq/m³/an)
 - **Prise en compte de l'exposition radon dans les risques professionnels**
 - Evaluation individuelle de l'exposition aux RI
 - **Dose efficace > 6 mSv/an : SIR mais pas de classement du travailleur**
 - Prise en compte de l'exposition radon pour le classement si exposition professionnel à d'autres sources de RI
 - **Surveillance dosimétrique individuelle liée au radon**



3. Dosimétrie cristallin

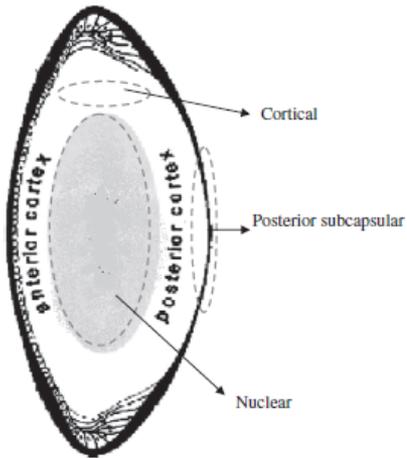


Fig. 1. Location in the eye lens of different types of cataracts.

Risk of lens opacities for interventional cardiologists (unexposed group of IRSN workers as reference).

OR (95%CI) ^a	Crude OR	OR adjusted for age and sex	Additional adjustment for smoking status, BMI, myopia, diabetes, corticosteroid use
<i>Nuclear lens opacities</i>	0.70 (0.39–1.25)	0.62 (0.34–1.14)	0.60 (0.32–1.14)
<i>Cortical lens opacities</i>	0.72 (0.38–1.34)	0.58 (0.29–1.17)	0.58 (0.29–1.17)
<i>Posterior subcapsular lens opacities</i>	3.89 (1.39–10.93)	3.56 (1.25–10.13)	3.85 (1.30–11.40)

^a OR – odds ratio; 95% CI – 95% confidence interval; BMI – body mass index.

Risk of posterior subcapsular lens opacities for ICs according to starting date of activity, duration of work and use of lead eyeglasses.

OR (95% CI) ^a	n (% of psc)	Crude OR	Adjusted OR ^b
<i>Duration of work^c</i>			
≤17 years	36 (8%)	1.71 (0.39–7.55)	1.88 (0.37–9.68)
17–25 years	39 (15%)	3.42 (0.98–11.95)	3.92 (1.08–14.24)
>25 years	31 (30%)	8.06 (2.45–25.52)	5.94 (1.08–36.62)

^a OR – odds ratio; 95% CI – confidence interval 95%.

^b OR adjusted for age, gender; BMI, smoking status, myopia, diabetes, corticosteroids; % psc: % individuals with posterior subcapsular lens opacities.

^c Unexposed group of 99 IRSN workers as reference.



4. ZONAGE RADIOLOGIQUE

Code du travail : art. R. 4451-30 à 32

- **« Zone d'extrémité »** : possibilité de ne pas délimiter
 - Zone délimitée pour l'organisme entier
 - Vérifier l'absence de dépassement de doses aux extrémités
- **« Zone cristallin »** : pas de délimitation
 - Mais **signalisation** si la zone délimitée au titre de l'organisme entier ne garantit pas le respect de la valeur limite au cristallin
- **Renforcement des restrictions d'accès**
 - **Catégorie A ou B** : classement = autorisation d'accès
 - Accès **zone contrôlée orange** : autorisation individuelle de l'employeur
 - Accès **zone contrôlée rouge** (accès exceptionnel) : autorisation individuelle de l'employeur + enregistrement nominatif à chaque accès
 - **Travailleurs non classés** :
 - accès possible en **zone surveillée bleue**, **zone contrôlée verte** et **zone radon** si autorisation employeur et après évaluation individuelle
 - accès possible à la **zone contrôlée jaune** si motif justifié + dispositions particulières de prévention (information renforcée)



5. SUIVI MÉDICAL DES TRAVAILLEURS

Code du travail : Art. R. 4451-82 à 88 et Art R. 4624-28

- **Exposition RI = Surveillance individuelle renforcée (SIR)**
 - Visite médicale d'embauche avec avis d'aptitude avant la prise de poste
- **Catégorie A : visite médicale annuelle**
- **Catégorie B : médecin du travail détermine la périodicité**
 - **Visite médicale (aptitude)** tous les **4 ans** avec
 - **Visite intermédiaire** avec infirmier à **2 ans**
- **Travailleurs temporaires dans les INB**
 - **Examen médical d'aptitude** des **travailleurs classés** est réalisé par le **médecin du travail de l'entreprise utilisatrice (INB)**.
 - Le **médecin du travail de l'entreprise utilisatrice (INB)** organise le **suivi de l'exposition interne**.
 - Le **médecin du travail de l'entreprise de travail temporaire** est **informé des résultats** de cet examen et de ce suivi



5. DOSSIER MÉDICAL EN SANTÉ AU TRAVAIL

Code du travail : Art. R. 4451-83 et 84

- **Contenu pour la radioprotection :**
 - **Evaluation individuelle de l'exposition aux RI**
 - Si catégorisation / exposition radon > 6 mSv/an
 - **Résultats du suivi dosimétrique individuelle ± doses efficaces**
 - **± Exposition** ayant conduit à un **dépassement des valeurs limites fixées** et la **dose reçue** au cours de ces expositions
 - **Résultats des examens complémentaires** prescrits par le médecin du travail
 - **Avis d'aptitude émis, aménagements, restrictions ...**
- **Conservation du dossier médical :**
 - Période d'au moins **50 ans** à compter de la fin de l'activité professionnelle avec exposition aux RI
 - Et quand le travailleur aura atteint **75 ans**



6. CATÉGORISATION DES TRAVAILLEURS

Code du travail : art R. 4451-6 à 9

		CATEGORIE A	CATEGORIE B	NON EXPOSE	15-18 ans*
Dose efficace		20 mSv	6 mSv	1 mSv	6 mSv
Dose équivalente	Peau / cm²	500 mSv	150 mSv	50 mSv	150 mSv
	Extrémités	500 mSv	150 mSv	50 mSv	150 mSv
	Cristallin	-	20 mSv	15 mSv	15 mSv
Femme enceinte	Non	1 mSv à l'abdomen entre la déclaration de grossesse et l'accouchement. Pas d'activité avec risque d'exposition interne			
Femme allaitante	Pas d'activité avec un risque d'exposition interne				

Cristallin : 1^{er} juillet 2018 et 1^{er} juillet 2023 : limite sur 5 ans 100 mSv cumulée, limite de dose annuelle 50 mSv/an

**Dérogation inspection du travail*



6. COMMUNICATION DES RÉSULTATS DOSIMÉTRIQUES

Code du travail : art R. 4451-66 à 73

- **SISERI** : centralisation nationale par l'IRSN
- **Médecin(s) du travail** : accès à l'ensemble des données dosimétriques du travailleur
- **Travailleurs** si demande : accès à l'ensemble de ses données dosimétriques (externes et internes)
- **PCR** :
 - Suivi dosimétrique **depuis date d'embauche dans l'entreprise**
 - **Médecin du travail** peut lui **communiquer des résultats de dosimétrie interne** sous conditions (levée du secret médical)

Art. R. 4451-70. – I. - Le médecin du travail, sous sa responsabilité, peut communiquer, en application de l'article L. 4451-2, au conseiller en radioprotection des informations couvertes par le secret médical relatives à la dose interne, lorsque celle-ci est liée à l'exposition professionnelle et strictement utile à la prévention

- **Respect du secret médical** de la part de la PCR



7. SITUATION D'URGENCE RADIOLOGIQUE

Code de la santé publique : Art. R. 1333-3 et 81 à 89

Code du travail : Art R 4451-96 à 110

- **Dose efficace maximale susceptible d'être reçue : 100 mSv**
 - **500 mSv en externe** pour sauver des vies, empêcher de graves effets sanitaires radio-induits ou empêcher l'apparition de situations catastrophiques.
 - **1 Sv** vie entière

- **Liste des affectations** : l'employeur en lien avec le médecin du travail
- **Surveillance dosimétrique** : concertation CRP et médecin
- **Travailleurs susceptibles d'intervenir** (volontaires)

Groupe 1 : dose efficace > 20 mSv

- **Aptitude médicale**
- Formation appropriée tous les 3 ans
- Pas de CDD, ni de travailleurs temporaires ou contrat conclu pour un chantier

Groupe 2 : dose efficace > 1 mSv + ne relève pas du groupe 1

- **Aptitude médicale**
- Information



8. EXPOSITIONS EXCEPTIONNELLES

Code du travail : art R. 4451-89 à 95

- **Employeur** : **Caractère exceptionnel** des travaux à effectuer + **absence d'alternative** possible au dépassement
 - **Autorisation de dépasser** : Demande aux agents de contrôle de l'inspection du travail (délai de 15 jours)
 - **Avis** : médecin du travail + CSE
- **Niveau d'exposition exceptionnelle** : **50 mSv sur 12 mois** consécutifs **dose efficace** ou **dose équivalente cristallin**.
Sur 5 ans : 100 mSv
- **Travailleur** : Catégorie A
 - **Accord préalable** après avoir reçu une **information par le médecin du travail**
 - **Avis d'aptitude préalable** attestant **l'absence pas de contre-indication médicale à ces travaux**



9. SITUATIONS D'EXPOSITION DURABLES

Code de la santé publique : Art. R. 1333-90 à 103

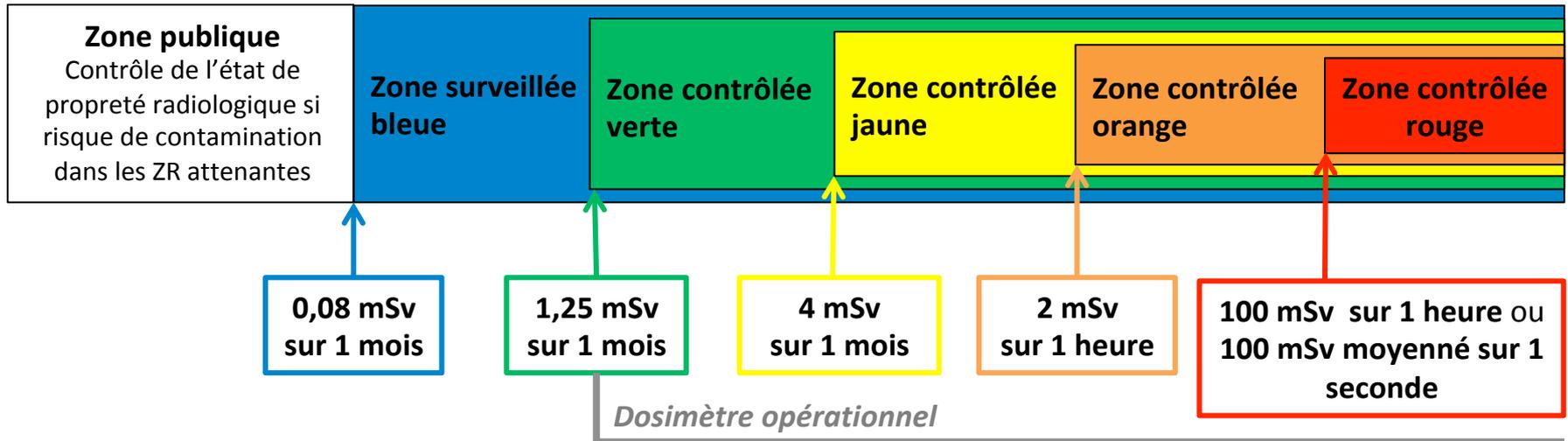
- **Situation d'exposition durable :**
 - Situation consécutive à une **situation d'urgence radiologique** ayant occasionné une pollution durable de l'environnement ou de biens par des substances radioactives
 - Tout **autre situation de pollution** par des substances radioactives
- **Représentant de l'Etat dans le département** gestion de la situation + information des populations + restrictions ...
- Niveau de référence d'exposition des populations : **20 mSv** en dose efficace au cours de l'année qui suit la fin de la situation d'urgence radiologique.



4. ZONAGE RADIOLOGIQUE

ZONE ORGANISME ENTIER

DOSE EFFICACE organisme entier



Renforcement des restrictions d'accès

Catégorie A ou B : classement = autorisation d'accès

Zone contrôlée orange Autorisation individuelle de l'employeur

Zone contrôlée rouge Autorisation individuelle de l'employeur + Enregistrement nominatif à chaque accès *accès exceptionnelle* accès

Travailleurs non classés

Zone surveillée bleue Autorisation employeur
Zone contrôlée verte Évaluation individuelle
Zone radon

Zone contrôlée jaune Si motif justifié Dispositions particulières de prévention (information renforcée)

4. ZONAGE RADIOLOGIQUE

Code du travail : art. R. 4451-22 à 2*

ZONE RADON

6 mSv sur 1 an

DOSE EFFICACE RADON

Zone non réglementée

Zone radon

Activité radon dans l'air > 300 Bq/m³ en moyenne annuelle

ZONE D'EXTREMITES

4 mSv sur 1 mois

DOSE EQUIVALENTE EXTREMITES et PEAU

Zone non réglementée

Zone d'extrémités

Possibilité de ne **pas délimiter** :

- Zone délimitée pour l'organisme entier
- Vérifier l'absence de dépassement de doses aux extrémités

ZONE D'OPERATION (appareils mobiles ou portables) : 25 µSv par heure

Dosimètre opérationnel

ZONE CRISTALLIN

Pas de délimitation, mais **signalisation** si la zone délimitée au titre de l'organisme entier ne garantit pas le respect de la valeur limite au cristallin



10. VÉRIFICATIONS RÉGLEMENTAIRES

Code du travail : art R. 4451-40 à 51

- « ~~Contrôles techniques~~ » → « **Vérifications** »
- **Vérification initiale**
 - **Mise en service / Modification** importante d'un équipement
 - Intégrité des sources radioactives scellées non intégrée à un équipement
 - Selon **périodicité** pour certaines activités spécifiques
 - **Organisme accrédité** (COFRAC) hors INB / **Pôle de compétence** en INB
- **Vérifications périodiques**
 - Durant la vie de l'installation / Opération de maintenance
 - Selon périodicité à déterminer par arrêté
 - **Conseiller en radioprotection/OCR** hors INB / **Pôle de compétence** en INB



Communication annuelle du bilan des vérifications au Comité social et économique

RADIOGRAPHIES DANS LE CADRE SUIVI MÉDECINE DU TRAVAIL

Code de la santé publique : art R. 1333-75 à 77

- **Examens radiologiques** réalisés chez des **personnes ne présentant pas d'indication médicale**
 - Titre de prévention, dans le cadre de la **médecine du travail**
- Lorsqu'ils ont déjà fait l'objet d'une justification, les examens radiologiques réalisés à **titre préventif** dans le cadre de la **médecine du travail** prennent en compte, les **recommandations élaborées par la HAS.**



CONCLUSION

- **Objectifs des évolutions réglementaires :**
 - **Gestion du risque lié aux RI** : intégrée aux autres risques professionnels
 - **Gradation des exigences** en fonction de la nature du risque + **simplification** et **souplesse** (TPE/PME)
- **Calendrier prévisionnel (source DGT)**

OBJET DES TEXTES	DATE DE TRAITEMENT
Organisation de la radioprotection	Prioritaire : complément important pour l'encadrement des organismes compétents en radioprotection (1 ^{er} semestre 2019) et des pôles de compétence en radioprotection (INB) (2 ^{ème} semestre 2019)
Dosimétrie	Prioritaire : en cours d'élaboration (1 ^{er} semestre 2019)
Dosimétrie en situation d'urgence radiologique	
Zonage	A engager pour une publication fin 2019 , profonde révision
Vérification (ancien contrôle)	A engager fin 2018 pour une publication 2020 , profond travail et toilettage de la décision ASN
Certification EE/ETT	2019 : toilettage
Radon	2019 : non nécessaire à la transposition
CAMARI	2019 : toilettage
Règles d'installation des générateurs de rayons X	2020
Appareil de radiologie industrielle	2020



Autres évolutions du CSP

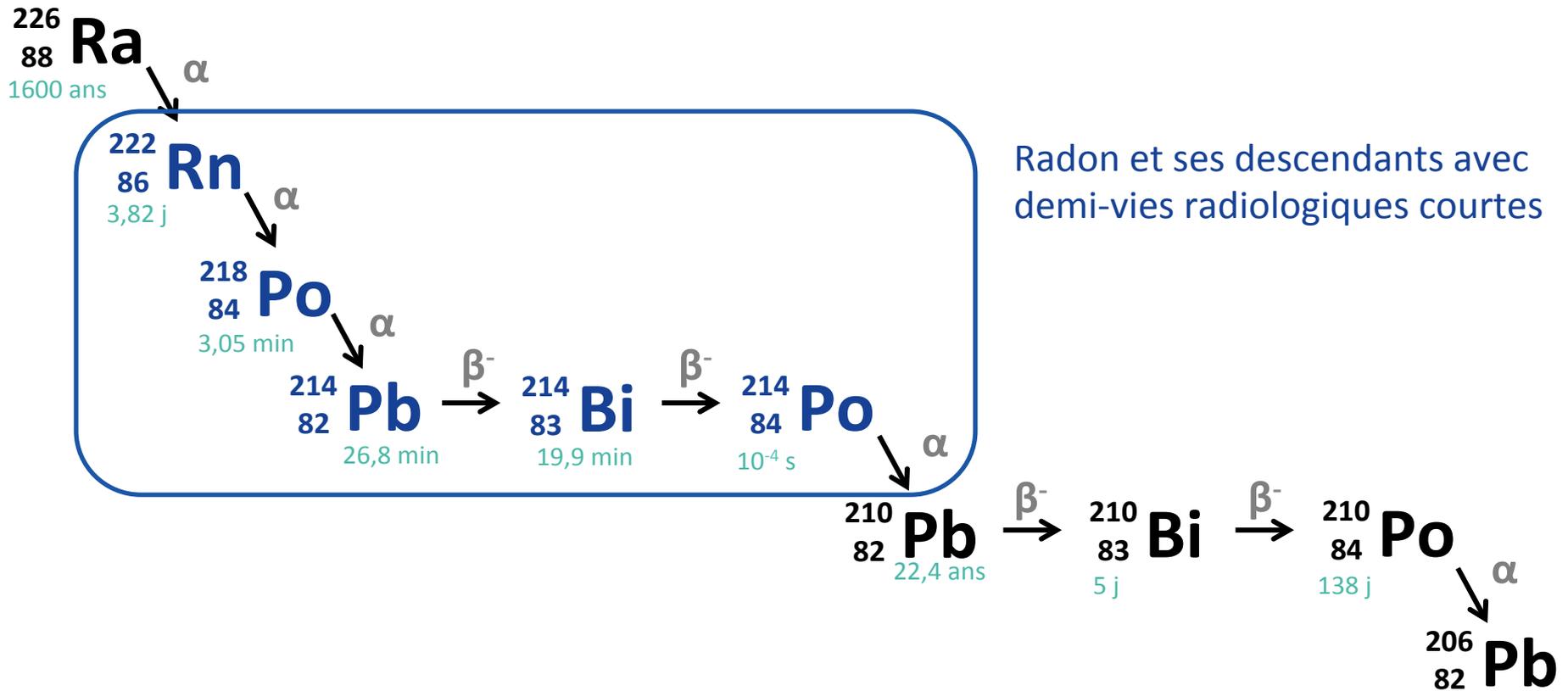


- 2) **Pratiques mettant en œuvre les radionucléides naturels**
 - Obligation de caractérisation des matériaux

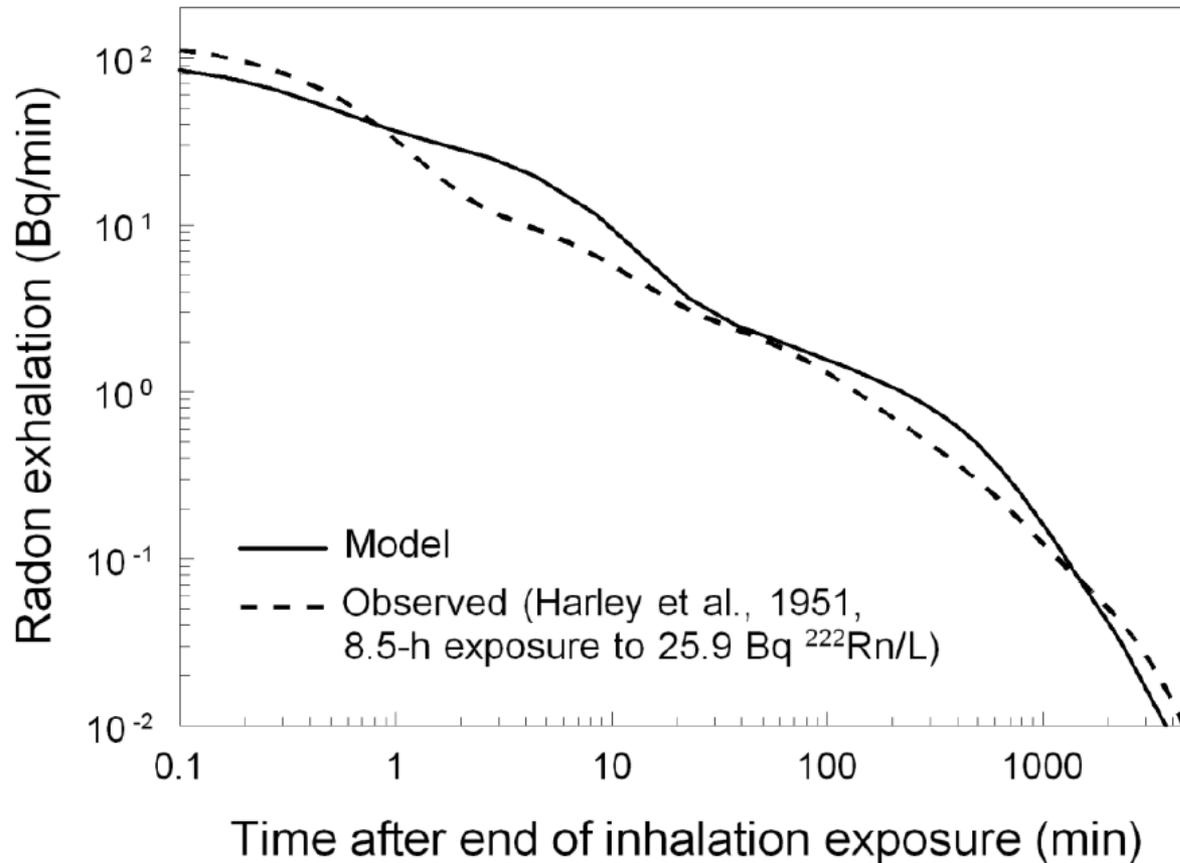
- 3) **Protection et sécurité des sources contre les actes de malveillance**
 - Protection dans les installations, pendant leur utilisation, en transport,...
 - Catégorisation des sources et lots de sources (A, B, C ou D)
 - Obligation de délivrance d'autorisation individuelle écrite de convoyage ou d'accès aux sources (A, B ou C) par le responsable de l'activité nucléaire (exemptions : patients, personnels de secours et force de l'ordre, agents du contrôle)
 - Publication d'arrêtés définissant les mesures techniques et organisationnelles applicables aux activités nucléaire :
 - Prévention et retardement (barrières physiques, autorisation d'accès, escortes,...)
 - Détection (alarmes, surveillance)
 - Alerte (moyens de communication...)
 - Management de la sécurité (organisation...)



Filiation du radon



Cinétique d'élimination du radon



Modèle biocinétique du radon après une exposition à de haute concentration de l'air de radon pendant 8h30 (CIPR)



○ — Interrogation ?

Activité volumique en radon mesurée (Bq/m³/an)



Dose efficace estimée (mSv/an)

Plusieurs situations pour les PCR :

- Bureau en zone radon
- Sous sol équivalent de mine
 - Avec activité physique
 - Sans activité physique
- Caserne : exposition 7000 h / an



○ — Formule calcul (CIPR 137)

$$E = 6,7 \cdot 10^{-6} \times C_{Rni} \times T_i$$

- **Hypothèses :**

- Bâtiments ou mine en sous sol (coefficient de dose recommandé : 3mSv par mJ.h.m⁻³)
- Facteur d'équilibre : F = 0,4
- Activité physique faible

- E : Dose efficace estimée (mSv)

- 6,7 . 10⁻⁶ : facteur de conversion (mSv par Bq.h.m⁻³)

- C_{Rni} : Activité radon mesurée par unité de temps (Bq/m³)

- T_i : temps d'exposition professionnel sur l'année

- Temps total annuel : 2000 h / an (majoration d'environ 20% des doses)



Formule calcul (CIPR 137)

$$E = DCF \times 1,57 \cdot 10^{-6} \times \sum_i C_{Rni} \cdot F_i \cdot T_i$$

- **E** : Dose efficace estimée (mSv)
- **DCF** : facteur de conversion de dose avec les descendants (mSv/WLM)
 - **Référence travailleur (CIPR) : DCF = 10 mSv/WLM**
 - **Travail physique : DCF = 20 mSv/WLM**
- **$1,57 \cdot 10^{-6}$** : facteur de conversion entre WLM et Bq.h.m⁻³
- **C_{Rni}** : Activité radon mesurée par unité de temps (Bq/m³)
- **F_i** : facteur d'équilibre entre le radon et ses descendants :
 - **Intérieur, grotte touristique (faiblement ventilé) : F = 0,4**
 - **Mines (ventilé) : F = 0,2**
- **T_i** : temps d'exposition professionnel sur l'année
 - Temps total annuel : 2000 h / an (majoration d'environ 20% des doses)



○ — INWORKS



INWORKS : cancers solides

- 308 297 travailleurs (F, GB, USA)
 - 66 632 décès dont 17 957 cancers solides
- Dose moyenne 20,9 mGy
- Dose médiane 4,1 mGy
- Age moyen 58 ans

EER 48% / Gy

IC90% [20-79%]

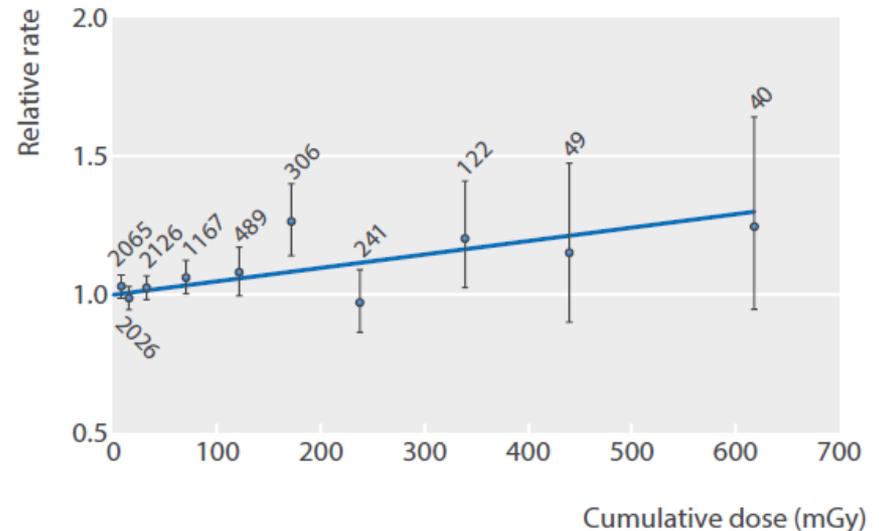


Table 2 | Estimates of excess relative rate per Gy for death due to specific cancer categories in INWORKS*

Causes of death	No of deaths	Excess relative rate per Gy (90% CI)
All cancer	19 748	0.51 (0.23 to 0.82)
All cancer other than leukaemia	19 064	0.48 (0.20 to 0.79)
Solid cancer	17 957	0.47 (0.18 to 0.79)
Solid cancer other than lung cancer	12 155	0.46 (0.11 to 0.85)

*10 year lag assumption.



INWORKS : leucémies

- 2,96 / Gy
 - IC90 [1,17-5,1]
 - exposition min 2 ans

	Deaths	ERR per Gy	90% CI
Leukaemia excluding CLL*	531	2.96	1.17 to 5.21
Chronic myeloid leukaemia*	100	10.45	4.48 to 19.65
Acute myeloid leukaemia*	254	1.29	-0.82 to 4.28
Acute lymphoblastic leukaemia*	30	5.80	NE to 31.57
CLL*	138	-1.06	NE to 1.81
Multiple myeloma†	293	0.84	-0.96 to 3.33
Non-Hodgkin lymphoma†	710	0.47	-0.76 to 2.03
Hodgkin's lymphoma†	104	2.94	NE to 11.49

ERR estimated with a linear model stratified by country, calendar period, sex, and age. NE lower CI bound could not be estimated because it was on the boundary of the parameter space (-1/maximum dose). 14 deaths were assigned ICD9 code 204.9 (lymphoid leukaemia, unspecified) and one death was assigned ICD9 code 202.9 (other and unspecified malignant neoplasms of lymphoid, haemopoietic, and related tissue) were excluded from the cause-specific analyses. *2-year lagged cumulative dose. †10-year lagged cumulative dose. ERR=excess relative risk. CLL=chronic lymphocytic leukaemia. NE=not estimable.

Table 2: ERR per Gy of cumulative red bone marrow dose for causes of death

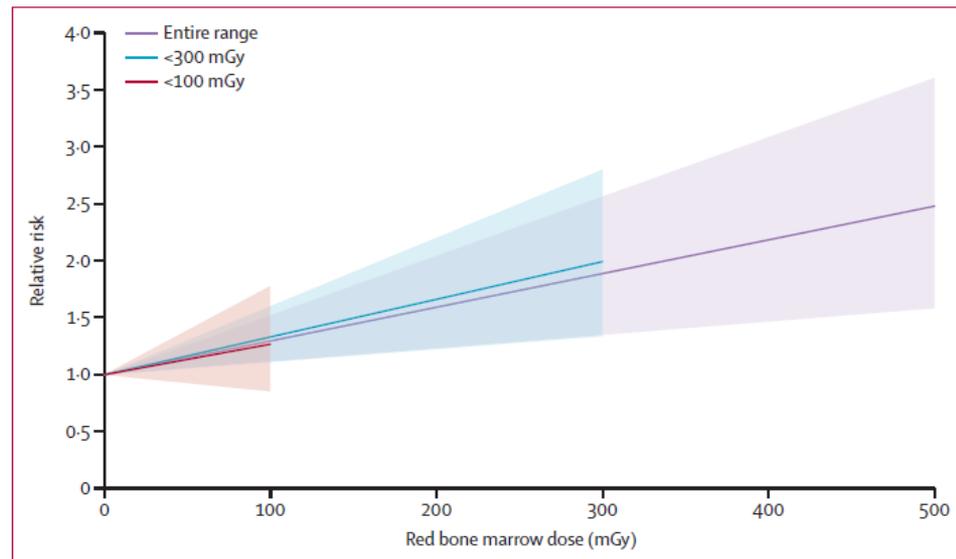


Figure: Relative risk of leukaemia excluding chronic lymphocytic leukaemia associated with 2-year lagged cumulative red bone marrow dose
The lines are the fitted linear dose-response model and the shading represents the 90% CIs.

