

RADIUM 226 et ses descendants à l'équilibre

 $^{226}_{88}\text{Ra}$

- ASPECTS SANITAIRES -

I. Caractéristiques

I.1 Chimiques

Le radium, métal blanc et brillant, appartient à la famille des alcalino-terreux.

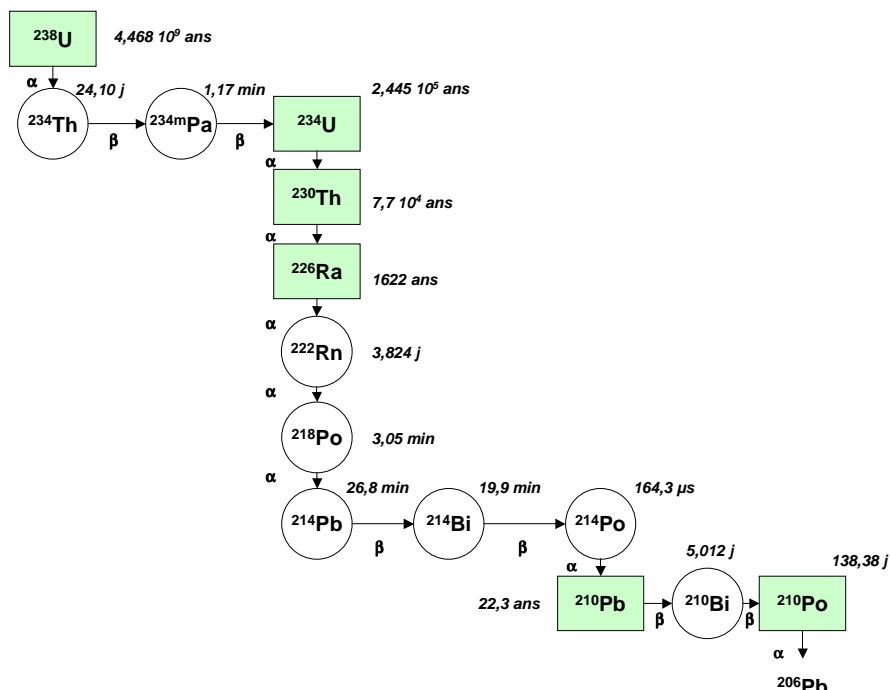
I.2 Nucléaires

Parmi les 25 isotopes radioactifs du radium, le ^{226}Ra est majoritaire. Il résulte de la chaîne de désintégration de l' ^{238}U . Par émission α , il se désintègre en ^{222}Rn (T=3,8 jours) qui est un gaz, lui-même émetteur α .

^{226}Ra	
Période radioactive	1600 ans
Activité massique	$3,66 \cdot 10^{10} \text{ Bq.g}^{-1}$
Emission(s) principale(s) (rendement d'émission pour 100 désintégrations)	Emission α E = 4784 keV (94%) E = 4602 keV (6%) Emission γ E = 186 keV (3%)

[ICRP, 1983 - Browne et Firestone 1986]

Les descendants du ^{226}Ra apparaissent dans la chaîne de filiation de ^{238}U :



II. Origines

Le radium n'existe pas à l'état pur, il se combine immédiatement et est toujours à l'équilibre avec ses descendants. Il est présent dans les sols uranifères (à raison de 1 gramme de radium pour 3 tonnes d'uranium dans le minerai) mais son rayonnement γ (via ses descendants) contribue faiblement à l'exposition d'origine tellurique à laquelle les individus sont soumis de façon naturelle. L'activité moyenne du ^{226}Ra dans la roche est de quelques dizaines de Becquerels par kilogramme, mais elle peut être mille fois supérieure dans les sols ou les zones riches en minerai d'uranium. La concentration du ^{226}Ra peut être importante dans les eaux d'infiltration des mines d'uranium. Le ^{226}Ra produit un gaz radioactif, le radon, qui peut conduire à des doses importantes de rayonnement dans les habitations. La combustion du charbon est une autre voie de dissémination du radium ; la teneur en ^{226}Ra des cendres de charbon est de l'ordre de 120 Bq.kg^{-1} .

III. Transfert à l'environnement et métrologie

III.1 Données environnementales

	Activité ^{226}Ra (Bq.kg^{-1})
Engrais phosphatés	10-500
Charbon	3-30
Aliments (blé, légumes...)	0,02-0,08
Noix du Brésil	500

[Données OPRI, 1996]

	Activité (Bq.l^{-1})
Eau de rivière	0,07 (^{226}Ra et descendants)
Eau minérale	1-2 (^{226}Ra et ^{222}Rn)

[Gambini et al., 1997]

III.2 Métrologie environnementale

Dans un échantillon de sol ou de produits végétaux ou animaux, le radium est mesuré directement par spectrométrie gamma, en association avec ses descendants à vie courte, (^{214}Pb et ^{214}Bi), après mise à l'équilibre de l'échantillon pendant un mois.

Dans les eaux naturelles faiblement chargées, la mesure est effectuée par émanométrie du radon (^{222}Rn) : le radon dissous dans l'eau est dégazé par bullage et récupéré dans des fioles scintillantes pour effectuer la mesure.

Pour les eaux fortement contaminées, des méthodes de spectrométrie gamma sont utilisées.

IV. Utilisations industrielles et médicales

Le radium, premier radioélément mis en évidence historiquement, a été largement utilisé pendant plus de 60 ans dans les domaines médicaux et industriels. On évoque souvent des utilisations étonnantes du radium (potions au radium, pommades au radium, compresses au radium...), mais les principales applications ont été thérapeutiques (brachythérapie avec des aiguilles de radium). Parallèlement, le ^{226}Ra a été utilisé en raison de ses qualités photoluminescentes pour des peintures destinées à l'horlogerie, à l'aviation et aux dispositifs de

signalisation de secours. Le radium a enfin été utilisé pour la conception des premiers détecteurs de fumée et de paratonnerres.

Depuis 1960, l'usage du radium est abandonné, mais il subsiste dans le milieu médical des quantités non négligeables et mal localisées.

V. Atteinte à l'homme

V.1 Exposition externe

Les coefficients de dose efficace du ^{226}Ra et de chacun de ses descendants sont donnés dans le rapport n°12 du Federal Guidance (1993). Ils ont été sommés pour obtenir les coefficients de dose du ^{226}Ra et de ses descendants à l'équilibre reportés ci-dessous. Ils sont valables quel que soit l'âge de l'individu exposé.

	Dose efficace
Panache	$8,86 \cdot 10^{-14}$ (Sv /s) / (Bq/m ³)
Dépôt	$1,65 \cdot 10^{-15}$ (Sv /s) / (Bq/m ²)
Immersion dans l'eau	$1,98 \cdot 10^{-16}$ (Sv /s) / (Bq/m ³)
Dépôt en profondeur	$6,00 \cdot 10^{-17}$ (Sv /s) / (Bq/m ³)

V.2 Contamination externe de la peau

Pour le ^{226}Ra **seul**, une contamination homogène superficielle de 1000 Bq.cm⁻² de peau délivre un débit de dose équivalente à l'épiderme (couche superficielle de la peau) de $4,5 \cdot 10^{-5}$ Sv.h⁻¹ [Chaptinel et al., 1988].

V.3 Exposition interne

- Biocinétique

Le modèle biocinétique est décrit dans la Publication 67 de la CIPR (1993). Le radium est un élément transférable à l'homme selon les mêmes voies métaboliques que le calcium : le site principal de dépôt et de rétention est l'os. Il est à noter que la période de rétention dans la partie centrale de l'os est plus longue que celle à la surface osseuse.

La période biologique du radium dans l'organisme entier est de 900 jours et dans les os de 5,5 ans.

[Pour plus de renseignements : voir logiciel "Calliope", 1999]

- Effets biologiques

Compte tenu de la biocinétique du radium, les lésions radio-induites sont essentiellement des cancers osseux. Les cancers des sinus, observés après absorption de ^{226}Ra , seraient liés à la diffusion du ^{222}Rn dans les cavités aériennes [Galle, 1997].

- Mesure

^{226}Ra	Méthode de mesure		Limite de détection
	Spectrométrie γ <i>in vivo</i>	Corps entier	1000 Bq
	Spectrométrie α	Urine	10 mBq.l ⁻¹

[ICRP, 1998]

La mesure du corps entier par spectrométrie γ n'est ni adaptée à la surveillance spéciale (mise en place à la suite d'une exposition individuelle connue ou suspectée), ni à la surveillance de routine.

Les mesures par spectrométrie α nécessitent une préparation chimique préalable ; elles sont plus adaptées à la surveillance spéciale.

- Coefficients de dose

Pour le public, les données ci-après sont issues de la Directive Européenne 96/29/EURATOM.

Elles considèrent un temps d'intégration de **50 ans** pour l'adulte et jusqu'à l'âge de **70 ans** pour l'enfant et des débits respiratoires moyens respectifs de **0,9 m³.h⁻¹** et de **0,2 m³.h⁻¹**.

²²⁶ Ra seul		Dose efficace (Sv /Bq)	
		Adulte	Enfant (1-2 ans)
Inhalation	Aérosol (type M) $AMAD = 1\mu m$	$3,5 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$
Ingestion		$2,8 \cdot 10^{-7}$	$9,6 \cdot 10^{-7}$

²²⁶ Ra et ses descendants à l'équilibre		Dose efficace (Sv /Bq)	
		Adulte	Enfant (1-2 ans)
Inhalation	Aérosol $AMAD = 1\mu m$	$8,0 \cdot 10^{-6}$	$2,6 \cdot 10^{-5}$
Ingestion		$2,2 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$

Pour les travailleurs, les données sont issues de la Directive Européenne 96/29/EURATOM.

Elles considèrent un temps d'intégration de **50 ans** et un débit respiratoire moyen égal à **1,2 m³.h⁻¹**.

²²⁶ Ra seul		Dose efficace (Sv /Bq)
		Travailleur
Inhalation	Aérosol (type M) $AMAD = 5\mu m$	$2,2 \cdot 10^{-6}$
Ingestion		$2,8 \cdot 10^{-7}$

V.4 Dangerosité

-Groupe de radiotoxicité : indicateur de radiotoxicité au sens du décret 88-521 du 18/04/88.

1 (très forte)

-Valeur d'exemption : activité au-dessous de laquelle une pratique est exemptée de déclaration d'après la Directive Européenne n°96/29/EURATOM du 13 mai 1996.

10⁴ Bq

VI. Protection des travailleurs

VI.1 Individuelle

De par leur nature (sels, poudres) et leur présentation (objets "hétéroclites"), certaines sources de ²²⁶Ra peuvent présenter un risque de contamination non négligeable au cours du temps en raison d'un défaut de confinement ou d'une mauvaise utilisation. Il est recommandé d'effectuer successivement un contrôle de l'exposition externe à l'aide d'un radiamètre, une détection de la contamination surfacique avant et pendant toute manipulation, et de prévoir des gants de protection en cas de manipulation voire le port d'un appareil de protection des voies respiratoires (APVR).

VI.2 Collective

Pour atténuer les photons γ d'un facteur 10, la pose d'un écran de plomb de 37 mm est nécessaire entre la source de radium et la personne exposée.

VII. Accidents

Le traitement préconisé en cas de contamination interne par du radium, consiste à diminuer l'incorporation par ingestion de sulfate de magnésium ou de sulfate de baryum et à stimuler l'excrétion par administration de gluconate de calcium, lactate de strontium (processus de dilution isotopique) ou de chlorure d'ammonium colloïdal (acidification favorisant l'excrétion du strontium) [OPRI,1997].

VIII. Textes réglementaires généraux

-Directive Européenne n°96/29/EURATOM adoptée le 13 mai 1996, fixant les normes de base relatives à la protection sanitaire de la population et des travailleurs contre les dangers résultant des rayonnements ionisants (J.O.C.E. n°159 du 29 juin 1996). Les limites annuelles de dose sont les suivantes :

	Public	Travailleur
Dose efficace	1 mSv	100 mSv/ 5 ans consécutifs et au plus 50 mSv/an
Dose équivalente à la peau	50 mSv	500 mSv

-Brochure du Journal Officiel (J.O.) n°1420 : protection contre les rayonnements ionisants. Ce document rassemble tous les textes législatifs et réglementaires de radioprotection et notamment :

-Le décret n° 88-521 du 18 avril 1988 modifiant le décret du 20 juin 1966 relatif aux principes généraux de radioprotection ;

-Le décret n° 86-1103 du 2 octobre 1986 modifié relatif à la protection des travailleurs contre les dangers des rayonnements ionisants et ses textes d'application.

IX. Bibliographie

- BROWNE E., FIRESTONE R., Table of radioactive isotopes, Shirley V Editor., Wiley-Interscience Publication, 1986.
- Calliope, CD-Rom, Collection IPSN, 1999.
- CHAPTINEL Y., DURAND F., PIECHOWSKI J., MENOUX B., *Dosimétrie et thérapeutique des contaminations cutanées*, Rapport CEA-R-5441, 1988.
- Federal Guidance Report n°12, *External exposure to radionuclides in air, water and soil*. Oak Ridge National Laboratory, 1993.
- ICRP (International Commission on Radiological Protection) Publication 38, *Radionuclide transformations, Energy and intensity of emissions*, Oxford Pergamon Press, 1983.
- ICRP (International Commission on Radiological Protection) Publication 67, *Age-dependent doses to members of the public from intake of radionuclides*, Oxford Pergamon Press, 1993.
- ICRP (International Commission on Radiological Protection) Publication 78, *Individual monitoring for internal exposure of workers*, Oxford Pergamon Press, 1998.
- GALLE P., *Toxiques nucléaires*, Paris, Masson (2^e édition), 1997.
- GAMBINI D.J., GRANIER R., Manuel de radioprotection, Editions Lavoisier, 1997.
- OPRI, la lettre d'information de l'OPRI, 05/96.
- OPRI, Intervention médicale en cas d'accident radiologique, Rapport du Conseil Scientifique OPRI, 1997.

Rédacteurs de la Fiche : P. Bérard, M.L. Perrin, E. Gaillard-Lecanu, V. Chambrette, J. Brenot (DPHD), D. Robeau (IPSN/Dir).

Vérificateur : B. Cessac (DPRE)