



KRYPTON 85

 $^{85}_{36}\text{Kr}$ **- ASPECTS SANITAIRES -****I. Caractéristiques****I.1 Chimiques**

Le krypton fait partie des gaz rares (hélium, néon, argon, krypton, xénon, radon). Chimiquement inerte, il ne réagit pas dans l'air avec d'autres éléments et il est très peu soluble dans l'eau.

I.2 Nucléaires

		^{85}Kr
Période radioactive	10,7 ans	
Activité massique	$1,44 \cdot 10^{13} \text{ Bq.g}^{-1}$	
Emission(s) principale(s) (rendement d'émission pour 100 désintégrations)	Désintégration β^- $E_{\text{max}} = 687 \text{ keV (99,6 \%)}$	

[ICRP, 1983 - Browne et Firestone, 1986]

II. Origines**II.1 Naturelle**

Le ^{85}Kr d'origine naturelle est produit par l'action des rayons cosmiques sur les isotopes stables du krypton. Il se disperse dans l'atmosphère sans entrer dans le cycle naturel de l'eau, du fait de sa très faible solubilité dans les eaux de pluie. Les eaux océaniques et le sol ne piègent pas de quantités importantes de krypton. Son taux d'élimination de l'atmosphère est donc faible et résulte principalement de sa décroissance radioactive. L'activité atmosphérique due à la production naturelle est de $4,0 \cdot 10^{11} \text{ Bq}$.

II.2 Artificielle

Le ^{85}Kr d'origine artificielle présent dans l'atmosphère est créé lors des réactions de fission dans les réacteurs ou lors d'essais nucléaires atmosphériques. Dans le tableau ci-dessous, figurent les activités de ^{85}Kr dispersées dans l'atmosphère en différentes occasions :

Rejets cumulés	(en Bq)
Accident de Windscale (1957)	$5,9 \cdot 10^{13}$
Accident de Tchernobyl (1986)	$3,3 \cdot 10^{16}$
Essais nucléaires	$2,0 \cdot 10^{17}$
Rejets annuels	
Rejet de l'usine de La Hague (1999)	$2,9 \cdot 10^{17}$
Rejet de l'usine de Sellafield (1997)	$9,5 \cdot 10^{16}$
Rejet de l'usine de Tokai Mura (1994)	$1,8 \cdot 10^{16}$

Depuis plusieurs décennies, la production de ^{85}Kr artificiel se traduit par une augmentation continue de l'activité volumique moyenne de ce radionucléide dans l'atmosphère, en particulier

échanges entre les deux hémisphères. Dans cette partie du globe, la concentration atmosphérique est passée d'environ $0,1 \text{ Bq.m}^{-3}$ en 1959 à $0,8 \text{ Bq.m}^{-3}$ au début des années 80 ; elle est aujourd'hui de l'ordre de $1,2 \text{ Bq.m}^{-3}$.

- Essais atmosphériques d'armes nucléaires (1955-1962)

L'impact des gaz rares de fission émis lors des essais reste négligeable en raison de l'altitude de leur libération (stratosphère et haute troposphère) : les retours dans les basses couches de l'atmosphère sont limités et lents. La quantité totale de ^{85}Kr libérée est estimée à 2.10^{17} Bq ; elle ne représente que le millionième de l'exposition de la population mondiale due aux essais nucléaires, tous radionucléides confondus.

- Rejets des installations nucléaires

Actuellement, le ^{85}Kr est essentiellement relâché par les usines de retraitement de combustibles irradiés. La quantité rejetée est sensiblement proportionnelle au tonnage retraité dans les usines.

Le cœur d'un réacteur renferme de grandes quantités de gaz de fission. Pour un réacteur à eau sous pression de 1 300 MWe, la radioactivité du ^{85}Kr présente en fin de cycle est de l'ordre de $4,0.10^{16} \text{ Bq}$; il est alors confiné à l'intérieur du combustible. A titre indicatif, un réacteur de 1 300 MWe rejette annuellement de l'ordre de 2.10^{13} Bq de gaz rares essentiellement composés de ^{133}Xe (environ 80 %), de ^{135}Xe et de ^{85}Kr .

Pour l'usine de retraitement de La Hague, les rejets annuels de ^{85}Kr ont été relativement stables jusqu'au début des années 90. Ils ont augmenté à partir de cette époque avec le démarrage des usines UP3 et UP2-800. Les rejets du ^{85}Kr en 1999 ont été de $2,95.10^{17} \text{ Bq}$.

Pour l'usine de retraitement de Sellafield (Royaume-Uni), l'activité du ^{85}Kr rejetée annuellement a été comprise entre 3.10^{16} et 5.10^{16} Bq pour les années 1980 à 1994. En 1997, elle est passée à $9,5.10^{16} \text{ Bq}$.

- Rejets par les installations nucléaires en situation accidentelle

Les accidents graves qui impliquent une dégradation du combustible nucléaire conduisent au rejet de gaz rares (voir tableau ci-dessus).

III. Transfert à l'environnement et métrologie

III.1 Données environnementales

Le ^{85}Kr se disperse dans le milieu atmosphérique et n'a pas d'interaction avec les autres milieux, notamment le milieu vivant car il est biologiquement inerte.

A court terme, l'effet principal posé par les gaz rares est celui de l'irradiation externe à la suite d'un accident pour les populations proches lors du passage de la (ou des) bouffée(s) radioactive(s). L'irradiation externe est due à l'ensemble des isotopes libérés et est fonction de l'activité rejetée.

A long terme, le ^{85}Kr se disperse dans l'atmosphère de l'ensemble de la planète, ce qui tend à réduire considérablement sa concentration atmosphérique (Bq.m^{-3}) mais accroît le nombre des personnes exposées et superpose l'ensemble des émissions quelle qu'en soit l'origine.

Autour de La Hague, l'IPSN, a relevé des activités volumiques instantanées maximales dans l'air, au niveau du sol, comprises entre $4,7 \cdot 10^4$ et $2,3 \cdot 10^5 \text{ Bq.m}^{-3}$ de ^{85}Kr pour des distances variant entre 800 et 4 000 m de l'installation.

III.2 Métrologie environnementale

Pour une contamination volumique, un contrôleur de type chambre d'ionisation à circulation est recommandé. Pour une exposition externe, une chambre d'ionisation avec une paroi de 7 mg.cm^{-2} ou un dosimètre photographique d'ambiance sont utilisés.

IV. Utilisations industrielles et médicales

Le ^{85}Kr est utilisé dans la conception d'ampoules d'éclairage, et également pour assurer les qualités d'isolement de fenêtres à double vitrage.

V. Atteinte de l'homme

V.1 Exposition externe

L'atteinte de l'homme se fait par irradiation externe à partir de l'atmosphère, l'inhalation étant une voie tout à fait mineure.

Les coefficients de dose efficace ci-après sont issus du rapport n°12 du Federal Guidance (1993) et sont valables quel que soit l'âge de l'individu exposé.

	Dose efficace	Dose équivalente à la peau
Panache	$1,19 \cdot 10^{-16}$ (Sv /s) / (Bq/m ³)	$1,32 \cdot 10^{-14}$ (Sv /s) / (Bq/m ³)
Dépôt	$2,64 \cdot 10^{-18}$ (Sv /s) / (Bq/m ²)	-
Immersion dans l'eau	$2,55 \cdot 10^{-19}$ (Sv /s) / (Bq/m ³)	-

Concernant les usines de La Hague, la dose efficace annuelle due au ^{85}Kr par exposition externe sous les vents dominants a été estimée à 2,3 μSv pour les rejets de 1995 (de l'ordre de $2 \cdot 10^{17}$ Bq). Elle correspond à environ 25% de la dose due à l'ensemble des rejets radioactifs gazeux réels des usines pour 1995 (de l'ordre de 9,2 μSv pour le groupe de population le plus exposé).

V.2 Contamination externe de la peau

Une contamination externe de la peau ne peut se produire avec un gaz rare.

V.3 Exposition interne

Une exposition interne peau ne peut se produire avec un gaz rare.

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

V.4 Dangerosité

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

4 (faible)

- **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.

10^4 Bq

VI. Accidents

En cas d'accident impliquant le ^{85}Kr , la population proche sera invitée à rester à l'abri à l'intérieur des habitations pendant le passage du nuage radioactif.

VII. 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.

VIII. Bibliographie

-BROWNE E., FIRESTONE R., Table of radioactive isotopes, Shirley V Editor., Wiley-Interscience Publication, 1986

-Calliope, CD-Rom, Collection IPSN, 1999.

-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.

-NCRP, *Krypton-85 in the atmosphere : accumulation, biological significance, and control technology*, National Council on Radiation Protection and measurements, Report n°44, Washington, 1975.

-OECD/NEA, *Radiological significance and management of TRITIUM, CARBON-14, KRYPTON-85, IODINE-129 arising from the nuclear fuel cycle*, Paris, 1980.

-OPRI/INRS, *Krypton 85 : Fiche technique de radioprotection pour l'utilisation de radionucléides en sources non scellées*, 1996.

Rédacteurs de la Fiche : P. Bérard, B. Le Guen, M.L. Perrin, E. Gaillard-Lecanu, V. Chambrette, J. Brenot (DPHD), B. Crabol (DPRE).

Vérificateur : D. Robeau (IPSN/Dir)