

**AMERICIUM 241****²⁴¹Am**
95**- ASPECTS SANITAIRES -****I. Caractéristiques****I.1 Chimiques**

L'américium est un métal argenté, fortement électronégatif. Il fait partie de la famille des actinides et s'oxyde rapidement en présence d'oxygène. En solution aqueuse, il existe aux états d'oxydation III, IV, V, VI et VII, où l'état trivalent est le plus stable. Aux pH biologiques, les composés de l'américium sont peu solubles et ont une forte tendance à l'hydrolyse.

I.2 Nucléaires

L'américium 241 est le plus connu des 13 principaux isotopes artificiels de l'américium. Il descend du ²⁴¹Pu par désintégration β⁻.

		²⁴¹ Am
Période radioactive		432 ans
Activité massique		1,27 10¹¹ Bq.g⁻¹
Emissions principales (rendement d'émission pour 100 désintégrations)	Emission α E = 5486 keV (85%) E = 5443 keV (13%) Emission γ E = 60 keV (36%) Emission X Couche L : E _{moy} = 17 keV (40%)	

[ICRP, 1983 - Browne et Firestone, 1986]

II. Origines**II.1 Naturelle**

L'²⁴¹Am n'existe pas à l'état naturel.

II.2 Artificielle**- Emissions par les installations nucléaires**

L'²⁴¹Am est produit dans les réacteurs nucléaires. Les rejets dans l'environnement ont principalement lieu lors du retraitement des combustibles irradiés.

Les rejets d'²⁴¹Am dans le milieu marin ont été de 3,5.10⁹ Bq en 1999 pour l'usine de retraitement de La Hague et de 5.10¹⁰Bq en 1997 pour l'usine de Sellafield. Les rejets gazeux sont très inférieurs, d'un facteur 10 000 au moins.



III. Transfert à l'environnement et métrologie

III.1 Données environnementales

Après dépôt dans l'environnement, l'américium peut être incorporé dans tous les constituants de la chaîne alimentaire et présenter diverses formes chimiques plus ou moins solubles.

III.2 Métrologie environnementale

La mesure de radioactivité dans l'environnement se fait par spectrométries α et γ après prélèvements d'échantillons.

IV. Utilisations industrielles et médicales

Les sources scellées d' ^{241}Am sont constituées d'un mélange d'oxyde d'américium et de silice ($\text{Am}_2\text{O}_3 + \text{SiO}_2$). Elles sont conditionnées dans une double enveloppe cylindrique en acier inoxydable.

Les dimensions des sources sont de l'ordre du centimètre. Elles sont utilisées comme jauges de niveau et pour l'étalonnage d'appareils de mesure. Elles équipent des détecteurs d'incendie et des stimulateurs cardiaques. Par ailleurs, l'américium est souvent employé avec le béryllium pour la production de sources neutroniques utilisées en recherche dans certains irradiateurs et en génie civil dans certains humidimètres.

Dans le passé, ^{241}Am a été utilisé pour la conception de paratonnerres dont la vente est interdite en France depuis l'arrêté du 11 octobre 1983. Il a aussi été employé en médecine pour le marquage anatomique ; cette pratique est aujourd'hui abandonnée, mais il reste quelques sources chez les utilisateurs.

V. Atteinte de l'homme

V.1 Exposition externe

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
Panache	$8,18 \cdot 10^{-16} \text{ (Sv /s) / (Bq/m}^3\text{)}$
Dépôt	$2,75 \cdot 10^{-17} \text{ (Sv /s) / (Bq/m}^2\text{)}$
Immersion dans l'eau	$1,88 \cdot 10^{-18} \text{ (Sv /s) / (Bq/m}^3\text{)}$

V.2 Contamination externe de la peau

Une contamination homogène superficielle de $1\,000 \text{ Bq}\cdot\text{cm}^{-2}$ de peau délivre un débit de dose équivalente à l'épiderme (couche superficielle de la peau) de $1,9 \cdot 10^{-5} \text{ Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ [OPRI/INRS, fiche ^{241}Am].

V.3 Exposition interne

- Biocinétique

Le modèle biocinétique concernant l'américium est décrit dans la Publication 67 de la CIPR (1993).

L'**inhalation** d'américium correspond au mode de contamination le plus courant. A partir de données humaines et animales, l'ensemble des composés de l'américium ont été classés dans le type de solubilité M.

Pour ce qui concerne l'**ingestion**, l'américium est faiblement absorbé par le tractus gastro-intestinal de l'homme adulte. La complexation du radionucléide avec diverses formes biologiques n'a que peu d'effet sur son absorption. Les taux de transfert calculés dans les diverses espèces animales sont similaires à ceux trouvés pour les autres actinides et l'américium est celui pour lequel l'absorption est la plus faible. Un coefficient de transfert f_1 de $5 \cdot 10^{-4}$ pour l'homme est utilisé pour toutes les formes chimiques.

Le **dépôt** d'américium à l'intérieur d'une plaie présente un risque de diffusion du radionucléide et de contamination. En règle générale, les composés solubles gagnent le sang pour être ensuite redistribués alors que les composés insolubles sont transférés *via* les vaisseaux lymphatiques et conduisent à une accumulation dans les ganglions lymphatiques [Galle, 1997].

L'américium est un composé moyennement transférable, qui se dépose principalement dans le squelette, le foie et les gonades, quelle que soit l'espèce considérée. A ce titre, il a un comportement proche de ceux des autres éléments transuraniens. Il se distingue toutefois du plutonium par un temps de rétention dans les organes moins important et une toxicité moins prononcée. La CIPR retient une période biologique de 20 ans ; cependant cette valeur correspond à une moyenne obtenue à partir d'expérimentations animales et ne résulte pas de données réelles observées chez l'homme.

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

- Effets biologiques

Parmi le petit nombre de travailleurs ayant incorporé de l' ^{241}Am , il n'existe aucune évidence d'un raccourcissement de la durée de vie ou d'une transformation maligne, attribuables à cette contamination. Une diminution du nombre de lymphocytes (avec anomalies cytogénétiques), des plaquettes et des neutrophiles, sans effet clinique, a pu être observée chez un patient en 1976 lors d'une explosion chimique dans une opération utilisant ^{241}Am [Breitenstein et Palmer, 1989]. Des études animales approfondies ont montré que les effets biologiques peuvent se manifester principalement dans le poumon, l'os, le foie, le sang et les ganglions lymphatiques, mais généralement à des doses supérieures à celles reçues par des individus. Aucun effet n'a été mis en évidence dans le tube digestif, après ingestion ou inhalation [Stather et Nénot, 1978]. Des études sur des travailleurs après décès et autopsie ont montré des signes de fibrose au niveau de la moelle [Galle, 1997].

- Mesure

^{241}Am	Méthode de mesure		Limite de détection
	Spectrométrie X, γ <i>in vivo</i>	Poumons	20 Bq
		Squelette	20 Bq
	Spectrométrie α d'échantillons biologiques	Urine	$1 \cdot 10^{-3}$ Bq l^{-1}
		Fèces	$1 \cdot 10^{-3}$ Bq

[ICRP, 1998]

Les mesures par spectrométrie α nécessitent une séparation chimique préalable. Elles ont des limites de détection suffisantes, que ce soit pour la surveillance spéciale (mise en place à la suite d'une exposition individuelle connue ou suspectée) ou pour la surveillance de routine. La mesure *in vivo* de l' ^{241}Am dans les poumons a une sensibilité suffisante pour permettre de détecter une incorporation unique de l'ordre de la limite annuelle d'incorporation (LAI). Les

mesures *in vivo* de ^{241}Am dans les poumons et dans les os, n'ont pas des sensibilités suffisantes pour la surveillance de routine.

- 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 **$0,9 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$** et de **$0,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$** .

		Dose efficace (Sv /Bq)	
		Adulte	Enfant (1-2 ans)
Inhalation	Aérosol (type M) $AMAD = 1\mu\text{m}$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$6,9 \cdot 10^{-5}$
Ingestion		$2,0 \cdot 10^{-7}$	$3,7 \cdot 10^{-7}$

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 **$1,2 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$** .

		Dose efficace (Sv /Bq)
		Travailleur
Inhalation	Aérosol (type M) $AMAD = 5\mu\text{m}$	$2,7 \cdot 10^{-5}$
Ingestion		$2,0 \cdot 10^{-7}$

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.

10 000 Bq

VI. Protection des travailleurs

Pour la protection des travailleurs, des enceintes blindées sont requises quelle que soit l'activité.

VII. Accidents

VII.1 Historique

L'inhalation de l'²⁴¹Am correspond au mode de contamination accidentelle le plus courant.

A titre d'exemple d'un accident par dépôt percutané associé à une contamination par inhalation, un travailleur a reçu une quantité importante d'²⁴¹Am sur le haut du corps, lors de l'explosion d'une boîte à gants, en 1976, sur le site de Hanford (USA). Le dépôt sur le visage a été estimé à $11,1 \cdot 10^6$ Bq et le travailleur a été immédiatement traité par administration de DPTA (acide diéthylène triamine pentaacétique) [Breitenstein et Palmer, 1989].

VII.2 Réponse médicale

Le traitement préconisé en cas de contamination par l'américium est l'administration de DTPA (0,5 g éventuellement renouvelable si nécessaire) qui permet d'accélérer l'élimination naturelle de l'américium, quelles que soient la voie d'incorporation et la forme chimique initiale. L'excrétion est d'autant plus efficace que l'administration est précoce mais elle dépend de l'organe considéré : le DTPA épure facilement le sang et les liquides extra-cellulaires et prévient les dépôts dans les organes cibles [Bhattacharyya et al., 1995].

VII.3 Réponse sanitaire

Dans l'Union Européenne, des normes d'interdiction de commercialisation ont été instaurées depuis 1987 dans l'éventualité d'un accident futur [Règlements Euratom 3954/87, 2218/89].

Denrées alimentaires prêtes à la consommation			
Aliments pour le nourrisson	Produits laitiers	Autres denrées alimentaires	Liquides destinés à la consommation
1 Bq.kg ⁻¹	20 Bq.kg ⁻¹	80 Bq.kg ⁻¹	20 Bq.kg ⁻¹

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

- BHATTACHARYYA MH., BREITENSTEIN BD., METIVIER H., MUGGENBURG BA., STRADLING GN., VOLF V., *Traitement de la contamination accidentelle des travailleurs*, Editions de Physique, Paris, 1995.
- BREITENSTEIN BD., PALMER HE., *Lifetime follow-up of the 1976 americium accident victim*, Radiation Protection Dosimetry, **26** (1-4), pp 317-322, 1989.
- 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.
- 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.
- IPSN : Fiche sur les utilisations de l'américium 241 sous forme de sources non scellées, Note IPSN/99-2857 du 9/11/99
- GALLE P., *Toxiques nucléaires*, Paris, Masson (2^e édition), 1997.
- OPRI/INRS, *Américium 241 : Fiche technique de radioprotection pour l'utilisation de radionucléides en sources scellées*, 1996.
- STATHER JW., NENOT JC., *Toxicité du plutonium, de l'américium et du curium*, Paris, Technique et Documentation, 1978.

Rédacteurs de la Fiche : P. Bérard, M.L. Perrin, E. Gaillard-Lecanu, V. Chambrette (DPHD).

Vérificateur : F. Paquet (DPHD)