



IODE 131

131
53 I**- ASPECTS SANITAIRES -**

I. Caractéristiques

I.1 Chimiques

L'iode fait partie de la famille chimique des halogènes. Il se vaporise à une température légèrement supérieure à 100°C. Très mobile dans l'environnement, il est présent à peu près partout mais de façon hétérogène.

Les principales formes d'iode radioactif présentes dans un rejet d'effluents radioactifs provenant d'un réacteur nucléaire sont :

- l'*iode moléculaire* (I₂) présent sous forme gazeuse ;
- l'*iode organique*, dont une forme courante est l'iodeure de méthyle (ICH₃), présent sous forme gazeuse ;
- l'*iode particulaire* (aérosols) dont le diamètre des particules est variable (avec possibilité d'agrégation).

I.2 Nucléaires

L'¹³¹I est un isotope radioactif créé lors des réactions de fission (cassure des noyaux d'uranium ou de plutonium) dans un réacteur nucléaire ou lors de l'explosion d'une arme nucléaire.

131 I	
Période radioactive	8,04 jours
Activité massique	4,59.10 ¹⁵ Bq.g ⁻¹
Emission(s) principale(s) (rendement d'émission pour 100 désintégrations)	Désintégration β ⁻ E _{max} = 606 keV (89 %) E _{max} = 333 keV (7 %) Emission γ E = 364 keV (81 %) E = 637 keV (7 %) E = 284 keV (6 %)

[ICRP, 1983 - Browne et Firestone, 1986]

II. Origines

II.1 Naturelle

Comme tout radionucléide de la fission nucléaire, l'¹³¹I est produit naturellement lors des quelques fissions spontanées qui se produisent dans l'uranium naturel, mais disparaît rapidement compte tenu de sa période.



II.2 Artificielle

- Explosions nucléaires atmosphériques

Pendant la période 1945-1962, les essais nucléaires atmosphériques ont libéré dans l'environnement une quantité d' ^{131}I estimée à 6.10^{20} Bq. En raison de sa décroissance rapide, la quantité d' ^{131}I déposée sur le sol de l'ensemble de la planète, a actuellement disparu.

- Production au sein des réacteurs nucléaires

Le cœur d'un réacteur en fonctionnement renferme une très grande quantité d' ^{131}I . Pour un réacteur à eau sous pression (REP) de 1 300 MWe, l'activité en ^{131}I présente en fin de cycle (environ 40 mois) est de l'ordre de 4.10^{18} Bq. Lors du retraitement des combustibles irradiés, l'ensemble des produits de fission est extrait. Compte tenu du temps passé entre le déchargement du combustible et son retraitement (plusieurs années), l' ^{131}I est totalement éliminé par décroissance radioactive.

- Rejets des installations nucléaires

Au cours du fonctionnement normal d'un réacteur et au cours des opérations de retraitement du combustible, une très faible fraction des éléments radioactifs présents se trouve dans les effluents rejetés de façon contrôlée dans l'environnement. Pour un REP de 1 300 MWe, le rejet annuel d' ^{131}I est de l'ordre de 1.10^8 Bq dans les effluents gazeux. L'activité rejetée dans les effluents liquides est légèrement inférieure.

Pour l'usine de retraitement de La Hague, l'activité d' ^{129}I rejetée annuellement dans les effluents est égale à $1,84.10^{12}$ Bq en 1999 dont 99% dans les effluents liquides. Le rejet d' ^{131}I est au moins 100 fois plus faible.

Pour l'usine de Sellafield (Royaume-Uni) en 1997, les rejets gazeux d' ^{131}I se sont élevés à $2,6.10^9$ Bq [BNFL, 1997].

III. Transfert à l'environnement et métrologie

III.1 Données environnementales

Dans l'environnement, les isotopes de l'iode suivent les processus de transfert habituels : dispersion au sein du milieu récepteur, dépôt, captation par les organes aériens des végétaux, absorption racinaire, ingestion par l'animal.

Le comportement de l'iode dans l'environnement varie selon la forme physico-chimique sous laquelle il a été émis : les formes organiques se déposent plus lentement et sont moins bien retenues par la végétation que les formes moléculaires ; les formes particulières ont un comportement intermédiaire.

Il faut noter que :

- du fait de sa période courte, ^{131}I échappe à certaines voies de transfert lorsque celles-ci sont lentes (transfert aux végétaux par voie racinaire);
- ingéré par les animaux en période de lactation, l'iode se retrouve rapidement dans le lait (quelques heures après l'ingestion, le maximum apparaissant au bout de trois jours).

III.2 Métrologie environnementale

Différentes techniques peuvent être utilisées pour la mesure de ^{131}I , notamment des méthodes de comptage par scintillation liquide et de spectrométrie gamma.

IV. Utilisations industrielles et médicales

Plusieurs isotopes radioactifs de l'iode sont utilisés en médecine ; en particulier I^{131} qui présente un grand intérêt pour l'exploration fonctionnelle de la thyroïde et le traitement de certains cancers thyroïdiens. Cette utilisation implique la production de sources d' I^{131} : il est fait état dans certains pays (Suède, Japon) d'une production de quelques 10^{12} Bq. L'administration aux patients s'effectue par voie orale : elle peut atteindre 10^6 Bq pour une scintigraphie thyroïdienne.

L'utilisation de I^{131} entraîne des rejets à l'intérieur et à l'extérieur des hôpitaux du fait de sa manipulation, mais aussi du fait de l'excrétion (urines, fèces) par les patients eux-mêmes.

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	$1,82 \cdot 10^{-14}$ (Sv /s) / (Bq/m ³)
Dépôt	$3,76 \cdot 10^{-16}$ (Sv /s) / (Bq/m ²)
Immersion dans l'eau	$3,98 \cdot 10^{-17}$ (Sv /s) / (Bq/m ³)

V.2 Contamination externe de la peau

Une contamination homogène superficielle de $1000 \text{ Bq} \cdot \text{cm}^{-2}$ de peau délivre un débit de dose équivalente à l'épiderme (couche superficielle de la peau) de $1,6 \cdot 10^{-3} \text{ Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ [OPRI/INRS, fiche I^{131}].

V.3 Exposition interne

- Biocinétique

L'iode apporté par l'alimentation est rapidement absorbé (90 % en 1 heure) au niveau de l'estomac et de l'intestin grêle et se retrouve dans le plasma sanguin. De même, l'iode inhalé est transféré rapidement en totalité au sang.

Le modèle biocinétique pour l'iode, décrit dans la Publication 67 de la CIPR (1993), suppose que 30 % de la fraction d'iode présent dans le sang s'accumule dans la thyroïde et que les 70 % restants sont éliminés directement dans l'urine. La période biologique dans le sang est de 0,25 jour.

Les iodures incorporés dans les hormones thyroïdiennes quittent la thyroïde avec une période d'environ 80 jours et pénètrent dans d'autres tissus où ils sont retenus avec une période de 12 jours. 80 % des iodures sont alors relargués dans la circulation sanguine et ils peuvent être alors, soit recaptés par la thyroïde, soit excrétés dans les urines ; 20 % est excrété dans les fèces sous forme organique.

Pour un européen adulte euthyroïdien, la fraction captée par la thyroïde est comprise entre 20% et 25 %. Les dysfonctionnements thyroïdiens peuvent modifier cette valeur (jusqu'à 25 %). Les adultes hypothyroïdiens ont une incorporation thyroïdienne faible. Les adultes hyperthyroïdiens ont par contre une période biologique de l'iode dans la thyroïde réduite. La dose engagée à la

thyroïde varie en conséquence. Lorsque de tels dysfonctionnements sont soupçonnés, des valeurs individuelles doivent être introduites dans les calculs de dose, surtout en cas d'exposition accidentelle pour laquelle une évaluation précise est nécessaire.

La période effective de I^{131} est de 7 jours.

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

- Mesure

L'iode 131 ne présente pas de problème de détection. Après l'incorporation, le taux d'excrétion urinaire décroît rapidement avec le temps, et donc la surveillance de la thyroïde est donc préférable, à moins de connaître le moment exact de l'incorporation. La surveillance urinaire est indispensable si le fonctionnement de la thyroïde a été bloqué.

^{131}I	Méthode de mesure		Limite de détection
	Spectrométrie photon <i>in vivo</i>	Thyroïde	100 Bq
	Spectrométrie photon <i>in vitro</i> sur échantillons	Urine	1 Bq.l ⁻¹

[ICRP, 1998]

- 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**.

		Dose efficace (Sv /Bq)	
		Adulte	Enfant (1-2 ans)
Inhalation	-Aérosol (type F) <i>AMAD = 1µm</i>	7,4.10 ⁻⁹	7,2.10 ⁻⁸
	-Vapeur d'iode I ₂	2,0.10 ⁻⁸	1,6.10 ⁻⁷
	-Iodure de méthyle ICH ₃	1,5.10 ⁻⁸	1,3.10 ⁻⁷
Ingestion		2,2.10 ⁻⁸	1,8.10 ⁻⁷

Pour les travailleurs, 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 un débit respiratoire moyen égal à **1,2 m³.h⁻¹**.

		Dose efficace (Sv /Bq)
		Travailleur
Inhalation	-Aérosol (type F) <i>AMAD = 5µm</i>	1,1.10 ⁻⁸
	-Vapeur d'iode I ₂	2,0.10 ⁻⁸
	-Iodure de méthyle ICH ₃	1,3.10 ⁻⁸
Ingestion		2,2.10 ⁻⁸

V.4 Dangerosité

L'¹³¹I est un isotope important du point de vue radiotoxicologique en raison de sa grande mobilité dans l'environnement, de sa bonne assimilation dans l'organisme et de son accumulation dans la thyroïde.

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

2 (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.

10⁶ Bq

VI. Accidents

VI.1 Historique

Des quantités importantes d'¹³¹I ont été relâchées lors des accidents survenus à Windscale (Royaume-Uni) en 1957 ($1,4 \cdot 10^{15}$ Bq), à Three Mile Island (USA) en 1979 ($5,5 \cdot 10^{11}$ Bq) et à Tchernobyl en 1986 ($5 \cdot 10^{17}$ Bq).

VI.2 Réponse sanitaire

Une mesure de protection particulière à l'iode consiste à administrer de l'iode stable par voie orale (tablettes de comprimés d'iodure de potassium de 130 mg soit 100 mg d'iode stable) afin d'empêcher la fixation de l'iode radioactif par blocage du fonctionnement thyroïdien.

Cette administration doit être effectuée dans les meilleurs délais sans dépasser quelques heures après la contamination. Elle est préconisée pour une dose prévisionnelle calculée à la thyroïde supérieure ou égale à 100 mSv (*Circulaire interministérielle du 10 mars 2000 portant révision des plans particuliers d'intervention relatifs aux installations nucléaires de base*).

La posologie est de :

- 1 comprimé pour les adultes, enfants de plus de 12 ans et femmes enceintes ;
- 1/2 comprimé pour les enfants de 3 à 12 ans ;
- 1/4 comprimé pour les enfants de moins de 3 ans.

En cas de rejet important d'iode radioactif, l'autre mesure d'urgence consiste à évacuer la population hors de la zone de passage du nuage.

Dans l'Union Européenne, des normes d'interdiction de commercialisation ont été instaurées depuis 1987 pour 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
150 Bq.kg ⁻¹	500 Bq.kg ⁻¹	2000 Bq.kg ⁻¹	500 Bq.kg ⁻¹

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

- BNFL, Annual report on radioactive discharges and monitoring of the environment, 1997.
- 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.
- GALLE P., *Toxiques nucléaires*, Paris, Masson (2^e édition), 1997.
- GEOFFROY B., VERGER P., LE GUEN B, *Pharmacocinétique de l'iode : revue des connaissances utiles en radioprotection accidentelle*, *Radioprotection*, Vol 35 (2), 151-174, 2000.
- 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.
- OPRI/INRS, *Iode 131 : Fiche technique de radioprotection pour l'utilisation de radionucléides en sources non scellées*, 1996.

Rédacteurs de la fiche : M.L. Perrin, A. Thomassin, E. Gaillard-Lecanu, V. Chambrette, J. Brenot (DPHD).

Vérificateur : P. Verger (DPHD)