

Note d'information

L'uranium et les risques associés

L'uranium est un métal présent naturellement dans l'environnement. On le trouve en quantités variables dans les roches, l'eau, l'air, les plantes, les animaux et les êtres humains. Il y a par exemple en moyenne 1 à 2 mg d'uranium par kg de sol, de l'ordre de quelques nanogrammes par litre (ng/l) à quelques microgrammes par litre ($\mu\text{g/l}$) d'uranium dans les eaux de surface et parfois beaucoup plus dans certaines eaux minérales (jusqu'à quelques dizaines de $\mu\text{g/l}$).

Propriétés et caractéristiques de l'uranium

L'uranium de numéro atomique 92 a une densité de 19,05 g/cm³. L'uranium naturel se présente sous la forme d'un mélange de trois isotopes radioactifs U-238 (99,3 % en masse), U-235 (0,72 %), U-234 (0,0055 %). L'uranium 235 est un élément fissile utilisé pour la production d'énergie dans les centrales nucléaires.

La demi-vie de l'U-238 est de 4,5 milliards d'années, celle de l'U-235 est de 0,7 milliard d'années et celle de l'U-234 est de 0,25 million d'années.

L'uranium 238 et l'uranium 235 sont les pères de deux familles de radionucléides naturels qui par décroissances successives conduisent à un isotope stable, respectivement le plomb 206 et le plomb 207.

Voies d'exposition de l'homme

D'une façon générale, l'homme peut être exposé à des rayonnements ionisants à partir d'une source se trouvant à l'extérieur de son organisme : on parle alors d'exposition externe. Il peut aussi être exposé à partir d'une source ayant pénétré à l'intérieur de son organisme : on parle alors d'exposition interne.

Exposition externe : l'exposition externe due à l'uranium naturel résulte des émissions β et γ . A titre d'exemple, le débit de dose à 30 cm d'une source ponctuelle de 1 gramme (25 400 Bq) est de $3,8 \cdot 10^{-2} \mu\text{Sv/h}$.

Exposition interne : l'entrée de l'uranium dans l'organisme peut résulter, soit de l'inhalation de particules présentes dans l'atmosphère, soit de l'ingestion d'eau ou d'aliments. De façon plus exceptionnelle et en milieu professionnel, l'incorporation peut se produire lors d'une blessure par un objet contaminé. A titre d'exemple, la consommation quotidienne d'une eau contenant 1 $\mu\text{g/l}$ d'uranium naturel conduit à incorporer de l'ordre de 19 Bq sur une année, ce qui se traduit par une dose efficace engagée d'environ 1 μSv^1 (à comparer aux normes d'exposition pour le public fixé par le Code de la santé : 1000 $\mu\text{Sv/an}$).

Comportement de l'uranium dans l'organisme

Le devenir biologique de l'uranium varie selon la voie d'exposition mais aussi en fonction de sa forme chimique (métal, oxyde, sel) qui détermine sa solubilité dans les tissus.

¹ Valeur corrigée le 24 juillet 2008.

En cas d'ingestion, de nombreux facteurs physiologiques (vitesse de transit intestinal notamment) et chimiques peuvent influencer l'absorption digestive. La Commission internationale de protection radiologique (CIPR) évalue à 2% l'absorption par le tube digestif pour de l'uranium en solution dans l'eau de boisson. Après absorption, l'uranium passe dans le système sanguin et est éliminé rapidement par les urines (40 à 60% en 24 heures) pour une partie et se distribue pour le reste dans tout l'organisme avec un comportement voisin de celui du calcium.

Le rein, le squelette, le foie et le poumon (en cas d'inhalation) sont les principaux organes de rétention.

Détection et suivi d'une contamination par l'uranium naturel

La surveillance d'une exposition interne peut se faire soit par des mesures directes de l'activité retenue dans le corps humain (anthroporadiométrie pulmonaire en cas d'inhalation), soit par des analyses de l'uranium excrété dans les urines et les selles (analyses radiotoxicologiques).

La rétention et l'excrétion de l'uranium sont fortement influencées par la solubilité des composés, les modalités de l'exposition (exposition chronique ou aiguë) et les caractéristiques physiologiques de l'individu.

Selon les techniques utilisées (fluorimétrie, spectrométrie de masse, etc.), les limites de détection de l'uranium dans les urines varient de quelques ng/l à quelques µg/l. Pour ce qui concerne la mesure anthroporadiométrique, la limite de détection est d'environ 5 à 10 mg (100 à 200 Bq) au niveau pulmonaire.

Toxicité

La toxicité de l'uranium est liée à ses caractéristiques chimiques et radiologiques.

Toxicité chimique

La toxicité chimique est prépondérante pour de l'uranium dont l'enrichissement en U-235 est inférieur à 7%.

La toxicité aiguë de l'uranium (exposition à de très fortes quantités d'uranium naturel, 204mg.kg-1, dose létale à 14 jours) se manifeste cliniquement chez le rat par une importante perte de poids, une hémorragie au niveau des yeux, des pattes et du museau ainsi qu'une piloérection générale et des signes cliniques d'atteinte du système nerveux central (Domingo et al., 1987).

Bien que l'ensemble de l'organisme semble pouvoir être touché par la toxicité de l'uranium, les reins sont le siège d'effets délétères prédominants, comme le reflète l'abondante littérature relative aux effets rénaux de l'uranium (Hursh *et al.*, 1969; Hodge *et al.*, 1973; Leggett, 1989; Leggett and Harrison, 1995; Limson Zamora et al., 1998; Kurttio *et al.*, 2002; Limson Zamora *et al.*, 2003; Kurttio *et al.*, 2005).

Toxicité radiologique

La toxicité radiologique est liée à la composition isotopique du composé et à son activité spécifique. Le risque radiologique est d'autant plus élevé que l'enrichissement de l'U-235 du composé est important.

La radiotoxicité de l'uranium semble se cantonner aux poumons et aux os, probablement en raison d'une rétention plus longue dans ces organes et de la décroissance atomique de l'uranium en radon et autres radio-isotopes avec émission de rayonnements ionisants (irradiation locale interne) (Leach *et al.*, 1973; Ubios *et al.*, 1991). En effet, comme tout émetteur de rayonnements ionisants, l'uranium est capable de provoquer des lésions de

l'ADN qui dans certains cas (absence de réparation et de processus de mort cellulaire) peuvent aboutir à la formation de mutations à l'origine de cancers (Roscoe, 1997; Hornung *et al.*, 1998; Tirmarche *et al.*, 2004).

Les doses efficaces engagées consécutives à l'ingestion d'un gramme d'uranium de différentes compositions sont indiquées ci-dessous :

- Uranium appauvri en U-235 : 0,67 mSv
- Uranium enrichi à 3,5% en U-235 : 4,1 mSv
- Uranium naturel : 1,18 mSv.

Pour 1 gramme d'uranium naturel ingéré, la concentration dans le rein est de 3,7 µg/g et la dose équivalente engagée dans cet organe est de 6,8 mSv. Le risque radiologique correspondant reste faible comparé au risque de voir apparaître une toxicité rénale aiguë (3 µg/g de tissu rénal).

Dans le cas d'une exposition par inhalation de composés insolubles, la dose de rayonnement la plus importante est celle délivrée aux poumons. Ceci est dû essentiellement à la concentration des particules au niveau des ganglions lymphatiques et à leur longue période biologique.

Recommandations OMS

L'Organisation mondiale de la santé (OMS) recommande des valeurs-guides pour la concentration des radionucléides dans l'eau de consommation humaine. D'une façon générale, ces valeurs correspondent à une dose efficace annuelle engagée de 0,10 mSv et à une hypothèse de consommation quotidienne de 2 litres d'eau. Dans le cas particulier de l'uranium, la valeur guide est fondée sur la toxicité chimique et non sur la toxicité radiologique et est égale à 15 µg/l (Guidelines for Drinking-water Quality – First Addendum to Third Edition, vol 1 – Recommendations – 2006).

Bibliographie

- L'Uranium de l'environnement à l'homme, collection IRSN, EDP sciences 2001
- Comité scientifique des nations Unies pour l'étude des effets des rayonnements ionisants (UNSCEAR). Rapport à l'Assemblée Générale, avec annexes, 2000
- Souidi *et al.* Uranium : actif même à faible dose. La Recherche, novembre 2006, n°402, pp. 56-59.

L'IRSN est un établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle conjointe du ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, du ministère de l'Economie, de l'Industrie et de l'Emploi, du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche, du ministère de la Défense et du ministère de la Santé, de la Jeunesse, des Sports et de la Vie associative.