

# COMPARAISON DES TOXICITES RADIOLOGIQUE ET CHIMIQUE DE L'URANIUM NATUREL

Yannick ARIMONE, Elisabeth LECLERC, Yannick SEVERE

AGENCE NATIONALE POUR LA GESTION DES DECHETS RADIOACTIFS

1/7 rue Jean Monnet 92298 Châtenay-Malabry

yannick.arimone@andra.fr

## Introduction

Dans l'environnement continental, la toxicité de l'uranium, qui dépend de sa mobilité et de son hydrosolubilité, est d'autant plus importante que les conditions du milieu sont oxydantes et acides. En effet, l'hydrosolubilité conditionne la diffusion, la biodisponibilité, la distribution dans les différents compartiments de l'organisme et donc les potentiels effets biologiques.

La présentation a pour objet de présenter un exercice de comparaison des valeurs de gestion de risques chimique et radiologique de l'uranium naturel en considérant des scénarios hypothétiques qui intègrent des expositions chroniques.

De façon générale, l'importance relative des toxicités chimique et radiologique de l'uranium dépend de l'enrichissement de l'uranium en isotope 235, de la forme physico-chimique des composés, du mode d'incorporation, des caractéristiques de l'individu (âge, mode de vie...), et de la durée d'exposition (chronique, sub-chronique, et aigüe).

L'exercice de comparaison considère l'uranium naturel avec ses premiers descendants pour raisonner sur un uranium naturel dit « anthropique ».

## Méthode

Pour l'uranium naturel, les paramètres retenus dans l'étude sont détaillés ci-dessous :

### Filiation radioactive de l'uranium

Les isotopes de l'uranium présents à l'état naturel sur la Terre se désintègrent principalement par émission de particules alpha. Cependant, leurs premiers descendants radioactifs sont, eux, émetteurs de rayonnements bêta et gamma plus pénétrants.

Dans cette étude, seuls les premiers descendants à vie courte sont pris en compte ( $^{234}\text{Th}$  et  $^{234\text{m}}\text{Pa}$  pour  $^{238}\text{U}$  et  $^{231}\text{Th}$  pour  $^{235}\text{U}$ ). En effet, ce sont les seuls descendants susceptibles d'apparaître rapidement une fois l'uranium naturel incorporé dans un organisme.

### Activité massique de l'uranium naturel

Pour rappel, l'exercice de comparaison ne porte que sur l'uranium naturel non enrichi, à l'isotopie naturelle. Compte-tenu de la contribution en activité des isotopes de l'uranium naturel (48,3% pour l'uranium-238, 2,3% pour l'uranium-235, 49,5% pour l'uranium 234), 1 g d'uranium naturel contient environ  $5,1 \cdot 10^4$  Bq si on prend en compte les premiers descendants à l'équilibre (Fiche IRSN-INRS N°4321, 2014).

## Calcul de la dose par unité d'incorporation (DPUI) de l'uranium naturel

Les voies d'exposition qui contribuent à la dose en radioprotection sont : la contamination cutanée, l'exposition externe et l'exposition interne via l'ingestion et l'inhalation. Les voies inhalation et ingestion sont retenues dans cette étude car seules ces deux voies sont considérées pour évaluer le risque chimique.

Le métabolisme de l'uranium dans l'organisme dépend de la forme chimique incorporée. Les oxydes  $UO_2$  et  $U_2O_3$  sont insolubles, les composés hexavalents étant plus solubles.

La CIPR recommande, dans le cas de l'inhalation, différents types d'absorption en fonction de la valence de l'uranium :

- Solubilité de type S (absorption pulmonaire lente) : composés  $UO_2$  et  $U_2O_3$  ;
- Solubilité de type M (absorption pulmonaire moyenne) : composés  $UO_3$ ,  $UF_4$ ,  $UCI_4$  ;
- Solubilité de type F (absorption pulmonaire rapide) : composés hexavalents.

Pour la voie inhalation, la valeur à retenir par défaut selon l'arrêté du 1<sup>er</sup> septembre 2003, en cas d'absence de données relatives à la forme physico-chimique de l'uranium, est la forme M (composés peu solubles, particules de moyenne vitesse d'incorporation). En tenant compte des 3 isotopes de l'uranium naturel et de leurs premiers descendants, le facteur de dose calculé pour le public adulte (> 17 ans) à partir des valeurs de l'arrêté du premier septembre 2003 pour la forme M correspond à  $3,2 \cdot 10^{-6}$  Sv/Bq.

Pour la voie ingestion, de la même manière, il est possible de calculer un facteur de dose théorique à l'équilibre pour le public de  $4,9 \cdot 10^{-8}$  Sv/Bq.

### Paramètres d'exposition

Pour la voie ingestion, les paramètres retenus pour un adulte sont un poids de 70 kg conformément à la CIPR 89 et une consommation d'eau de 1,5 litres par jour, valeur retenue par le guide méthodologique ASN/IRSN, pour la gestion des sites potentiellement pollués par des substances radioactives.

Pour la voie inhalation, un volume d'air inhalé de  $0,96 \text{ m}^3/\text{h}$  correspondant à la moyenne journalière pour un homme adulte, calculée à partir des valeurs de budget-temps et de débit respiratoire recommandées par la CIPR 89 a été retenu.

### Valeur de gestion de risque

Les valeurs de gestion de risque considérées pour le risque chimique sont les valeurs toxicologiques de référence (VTR) retenues par l'INERIS. Ces valeurs sont associées à des effets à seuil. La valeur de gestion de risque réglementaire de 1 mSv par an au public est considérée pour le risque radiologique bien qu'elle soit essentiellement associée à un risque stochastique contrairement au risque chimique. Dans les scénarios, les concentrations en uranium naturel ingérée ou inhalée sont calculées à partir des valeurs de gestion du risque.

## **Conclusion**

En tenant compte de l'ensemble des limites de la méthode présentée et des scénarios pris en compte, les calculs confirment que les valeurs de gestion du risque chimique couvrent le risque radiologique pour l'uranium naturel « anthropique » pour lequel seuls les premiers descendants sont retenus. Si on prend en compte l'ensemble des descendants qui correspond aux gisements trouvés naturellement, les conclusions changent.