

Comparaison des toxicités radiologique et chimique de l'uranium naturel

Y. ARIMONE, E. LECLERC, Y. SEVERE



Sommaire

Introduction

Méthode

Résultats

Conclusion

DISEF/DSE/SE/22-0048

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.





Introduction (1/2)

L'uranium naturel est composé des isotopes

- ^{238}U (48,3%), ^{234}U (49,5%), ^{235}U (2,3 %)

L'importance relative des toxicités chimique et radiologique de l'uranium naturel dépend

- de l'enrichissement en ^{235}U
- de la forme physico-chimique
- du mode d'incorporation
- des caractéristiques de l'individu (âge, mode de vie...)
- de la durée d'exposition (chronique, sub-chronique, et aigue)



Introduction (2/2)

Exercice de comparaison des valeurs de gestion du risque chimique et radiologique pour l'uranium naturel (non enrichi en uranium 235)

en considérant

1. des scénarios d'exposition hypothétiques et chroniques pour un adulte
2. les voies inhalation et ingestion (seules impliquées pour évaluer le risque chimique)
3. uniquement les premiers descendants à vie courte à l'équilibre tel qu'on peut le rencontrer dans les installations du cycle du combustible
 - le même exercice est réalisé sur l'uranium naturel géologique (minerai naturel) avec tous ses descendants à l'équilibre



Sommaire

Introduction

Méthode

Résultats

Conclusion

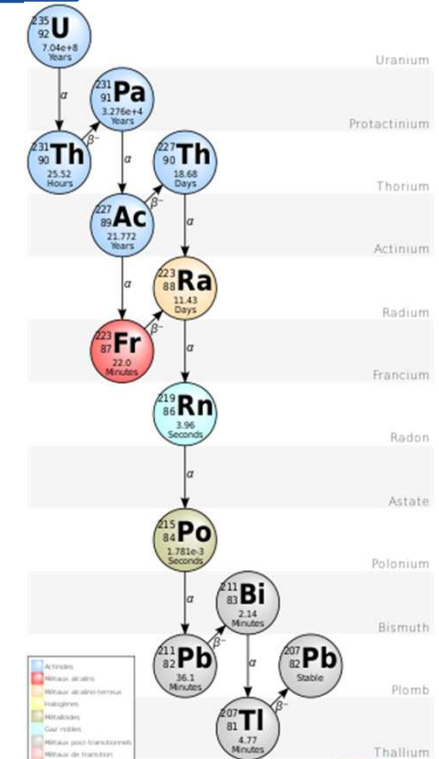
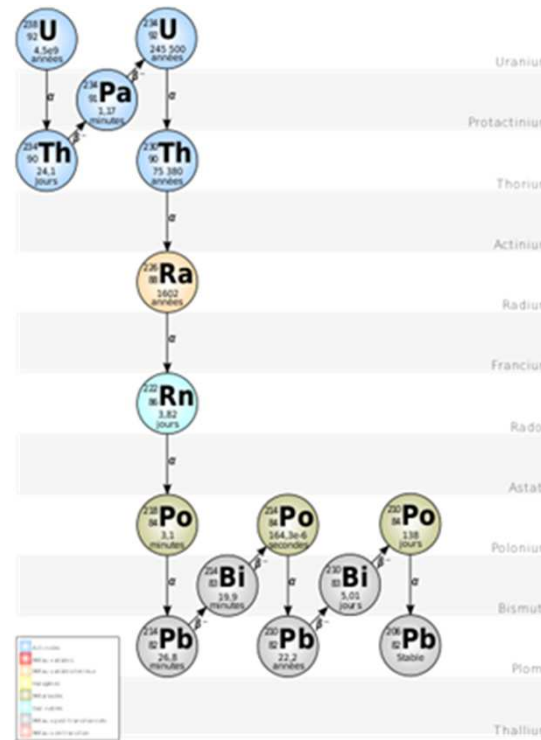
Méthode : calcul de l'activité massique

Les premiers descendants radioactifs sont pris en compte (seuls descendants susceptibles d'apparaître rapidement)

pour ^{238}U : ^{234}Th et $^{234\text{m}}\text{Pa}$

pour ^{235}U : ^{231}Th

L'activité massique de l'uranium : $5,1 \cdot 10^4 \text{ Bq/g}$



https://www.irsn.fr/FR/professionnels_sante/documentation/Documents/IRSN-fiche_uranium-naturel.pdf



Méthode : calcul de la dose par unité d'incorporation (DPUI)

Voie inhalation

- La valeur à retenir par défaut selon l'arrêté du 1er septembre 2003 est celle de 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 est de $3,2 \cdot 10^{-6}$ Sv/Bq

Voie ingestion

- le facteur de dose ingestion calculé pour un adulte est de $4,9 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq

Méthode : valeurs de gestion des risques

○ Risque chimique

• Ingestion

- VTR pour exposition chronique : 0,0002 mg/kg/j (ATSDR, 2013 in INERIS)
- Valeur guide pour l'eau de boisson : 30 µg/L (OMS, 2011)

• Inhalation

- VTR pour exposition chronique : 0,04 µg/m³ (ADSTR, 2013 in INERIS)

○ Risque radiologique

- Limitation de la dose au public < 1 mSv/an (Code de la santé publique)

Méthode : scénarios et paramètres d'exposition



Air contenant de l'Unat

0,04 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Volume d'air inhalé : 0,96 m^3/h

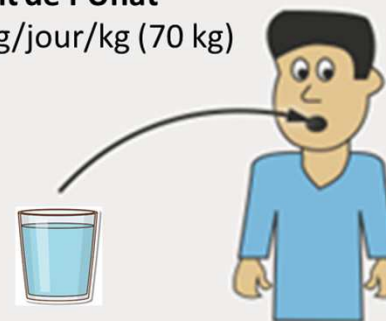


Par inhalation

Eau contenant de l'Unat

1. 0,0002 mg/jour/kg (70 kg)

2. 30 $\mu\text{g}/\text{L}$



Par ingestion



Sommaire

Introduction

Méthode

Résultats

Conclusion

DISEF/DSE/SE/22-0048

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.



Résultats : voie inhalation

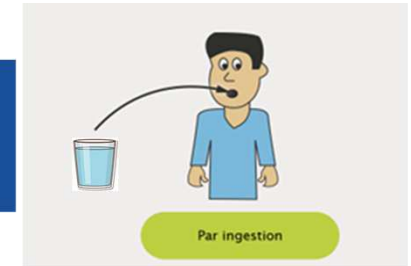


Inhalation	Valeur	Unité		Valeur	Unité
Limite de dose	1	mSv/an	Calcul de dose	0,06	mSv/an
Coefficient de dose	3,21E-06	Sv/Bq	Coefficient de dose	3,21E-06	Sv/Bq
Limite d'inhalation par an	3,12E+02	Bq/an	Limite d'ingestion par an	17,16	Bq/an
Activité massique U naturel	5,1E+04	Bq/g	Activité massique U naturel	5,1E+04	Bq/g
Calcul de l'inhalation d'uranium	6,11E-03	g/an	Calcul de l'ingestion d'uranium	3,36E-04	g/an
Calcul de l'inhalation d'uranium	6,97E-04	mg/h	Calcul de l'ingestion d'uranium	3,84E-05	mg/h
Hypothèse de volume inhalé	0,96	m ³ /h	Hypothèse de volume inhalé	0,96	m ³ /h
Calcul de la concentration dans l'air	0,7	µg/m ³	VTR Inhalation	0,04	µg/m ³

Pour les 3 isotopes de l'uranium naturel et leurs premiers descendants

- la valeur de gestion du risque radiologique conduit à une dose supérieure à la valeur de gestion du risque chimique
- la valeur de gestion du risque chimique conduit à une dose inférieure à la limite de dose radiologique pour le public
 - le risque chimique couvre le risque radiologique

Résultats : voie ingestion



Ingestion eau	Valeur	Unité		Valeur	Unité
Limite de dose	1	mSv/an	Calcul de dose	0,04	mSv/an
Coefficient de dose	4,90E-08	Sv/Bq	Coefficient de dose	4,90E-08	Sv/Bq
Limite d'ingestion par an	2,04E+04	Bq/an	Limite d'ingestion par an	8,38E+02	Bq/an
Activité massique U naturel	5,10E+04	Bq/g	Activité massique U naturel	5,10E+04	Bq/g
Calcul de l'ingestion d'uranium	4,00E-01	g/an	Calcul de l'ingestion d'uranium	1,64E-02	g/an
Calcul de l'ingestion d'uranium	1,10E+00	mg/jour	Calcul de l'ingestion d'uranium	4,50E-02	mg/jour
Hypothèse de consommation	1,5	L /jour	Hypothèse de consommation	1,5	L par jour
Calcul de la concentration de l'eau	5,48E-01	mg/l	Valeur guide de concentration	3,00E-02	mg/l

Ingestion eau	Valeur	Unité		Valeur	Unité
Limite de dose	1	mSv/an	Calcul de dose	0,01	mSv/an
Coefficient de dose	4,90E-08	Sv/Bq	Coefficient de dose	4,90E-08	Sv/Bq
Limite d'ingestion par an	2,04E+04	Bq/an	Limite d'ingestion par an	2,61E+02	Bq/an
Activité massique U naturel	5,10E+04	Bq/g	Activité massique U naturel	5,10E+04	Bq/g
Calcul de l'ingestion d'uranium	4,00E-01	g/an	Calcul de l'ingestion d'uranium	5,11E-03	g/an
Calcul de l'ingestion d'uranium	1,10E+00	mg/jour	Calcul de l'ingestion d'uranium	1,40E-02	mg/jour
Hypothèse de masse corporelle	70	kg	Hypothèse de masse corporelle	70	kg
Masse ingérée par jour	2,E-02	mg/kg/jour	VTR ingestion	2,E-04	mg/kg/jour

Le risque chimique couvre le risque radiologique

DISEF/DSE/SE/22-0048

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.





Résultats : cas de calcul pour l'uranium géologique en équilibre avec tous ses descendants

Activité massique

- $2,6 \cdot 10^4$ Bq/g
 - $5,1 \cdot 10^4$ Bq/g pour l'uranium « récent »

DPUI inhalation

- $3 \cdot 10^{-5}$ Sv/Bq
 - $3,2 \cdot 10^{-6}$ Sv/Bq pour l'uranium « récent »

DPUI ingestion

- $1,3 \cdot 10^{-6}$ Sv/Bq
 - $4,9 \cdot 10^{-8}$ Sv/Bq pour l'uranium « récent »

Résultats : cas de calcul pour l'uranium géologique en équilibre avec tous ses descendants



Voie inhalation

	Valeur	Unité
Calcul de dose	0,26	mSv/an
Coefficient de dose	3,00E-05	Sv/Bq
Limite d'ingestion par an	8,75	Bq/an
Activité massique U naturel	2,6E+04	Bq/g
Calcul de l'ingestion d'uranium	3,36E-04	g/an
Calcul de l'ingestion d'uranium	3,84E-05	mg/h
Hypothèse de volume inhalé	0,96	m ³ /h
VTR Inhalation	0,04	µg/m ³

La valeur de gestion du risque chimique pour la voie inhalation conduit à une dose du même ordre de grandeur que la limite de dose radiologique pour le public

Résultats : cas de calcul pour l'uranium géologique en équilibre avec tous ses descendants



Voie ingestion

	Valeur	Unité
Calcul de dose	0,17	mSv/an
Coefficient de dose	1,30E-06	Sv/Bq
Limite d'ingestion par an	1,33E+02	Bq/an
Activité massique U naturel	2,60E+04	Bq/g
Calcul de l'ingestion d'uranium	5,11E-03	g/an
Calcul de l'ingestion d'uranium	1,40E-02	mg/jour
Hypothèse de masse corporelle	70	kg
VTR ingestion	2,E-04	mg/kg/jour

	Valeur	Unité
Calcul de dose	0,56	mSv/an
Coefficient de dose	1,30E-06	Sv/Bq
Limite d'ingestion par an	4,27E+02	Bq/an
Activité massique U naturel	2,60E+04	Bq/g
Calcul de l'ingestion d'uranium	1,64E-02	g/an
Calcul de l'ingestion d'uranium	4,50E-02	mg/jour
Hypothèse de consommation	1,5	L par jour
Valeur guide de concentration	3,00E-02	mg/l

La valeur de gestion du risque chimique pour la voie « ingestion » conduit à une dose du même ordre de grandeur que la limite de dose radiologique pour le public



Sommaire

Introduction

Méthode

Résultats

Conclusion

DISEF/DSE/SE/22-0048

Ce document est la propriété de l'Andra.
Il ne peut être reproduit ou communiqué sans son autorisation expresse et préalable.





Conclusion

Limites de l'exercice

- Les concepts utilisés dans les évaluations de risque chimique ou radiologique diffèrent
 - Effet probabiliste pour la notion de dose pour le risque radiologique
 - Effet déterministe pour les VTR utilisées pour l'uranium
- Le risque chimique est géré pour l'élément uranium alors que le risque radiologique est étudié pour tous les radionucléides issus de la décroissance radioactive des isotopes de l'uranium naturel

Synthèse des résultats

- Pour l'uranium naturel « récent » le risque radiologique peut être géré par les valeurs de risque pour le chimique
- Pour l'uranium géologique en équilibre avec tous ses descendants, les valeurs de gestion des risques chimique et radiologique conduisent à des doses du même ordre de grandeur