

Spécificités de la surveillance des salariés exposés à l'Uranium : cas pratique sur le site Orano Tricastin

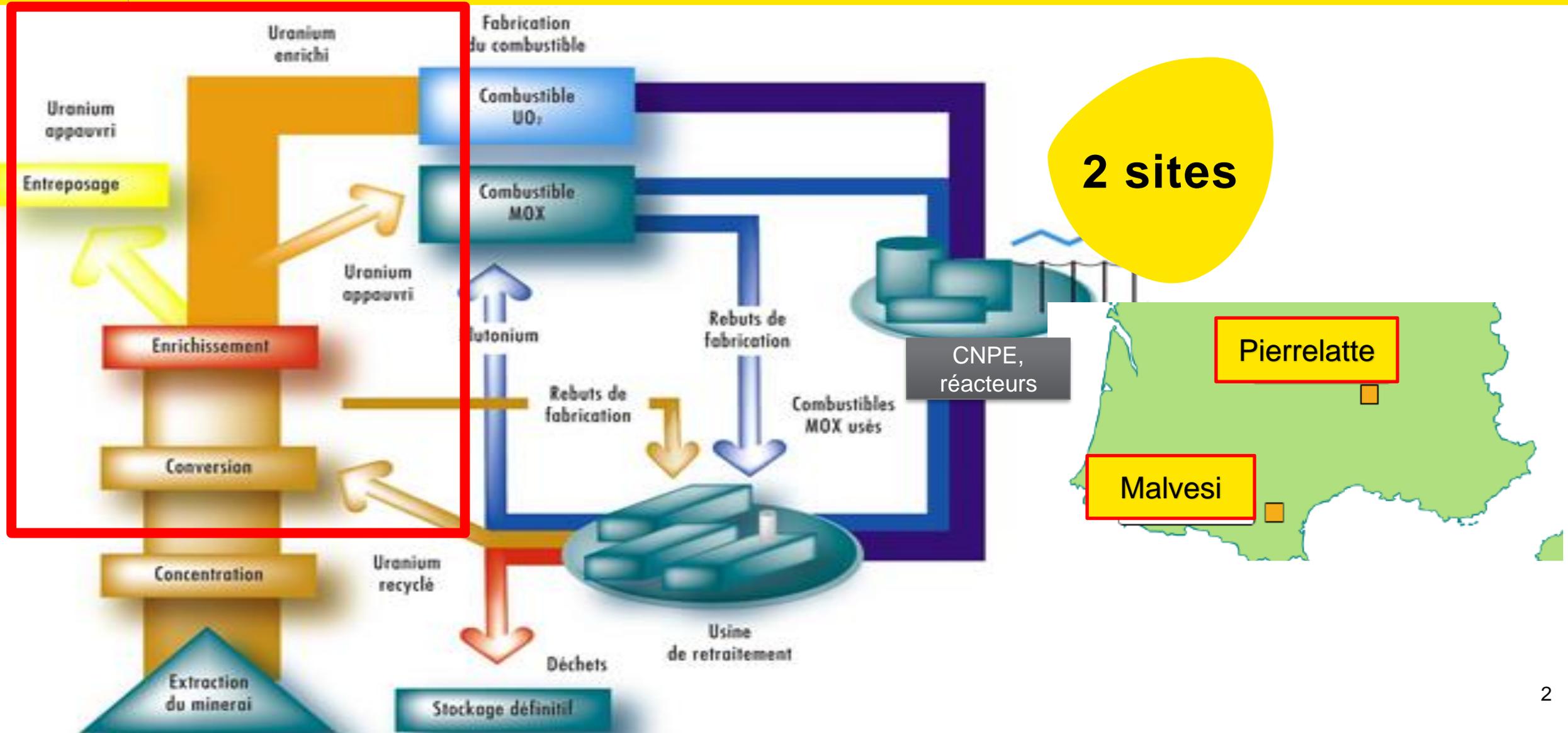
MENU Xavier
Médecin du travail SPST Orano Sud-Est

02/02/2023



orano

Activités au travers du cycle du combustible



Un parcours chimique et physique

Malvesi

Purification et conversion du minerai

Première partie de la conversion en UF_4

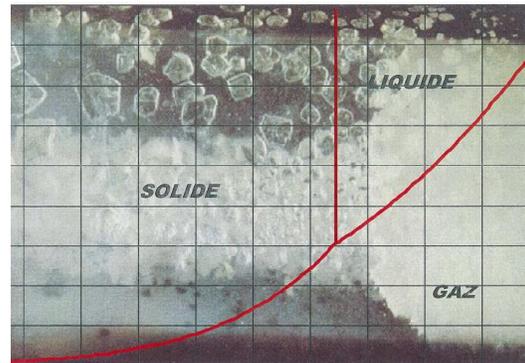


Tricastin

Conversion en UF_6 et Enrichissement

UF_6 : intérêt du point triple

Enrichissement : isotopie naturelle à enrichie ($U235 < 5\%$ massique)



Un parcours chimique et physique

Tricastin

Défluoration

Uranium fluor appauvri transformé sous forme oxyde



Dénitratation

Uranium nitrate retraité transformé sous forme oxyde



U₃O₈

Un parcours chimique et physique

**Formes
chimiques
(Solubilité*)**



UF6	F
UF4	M
UO2 (NO3)2	F - M
UO4	F - M
UO3	F - M
UO2	M - S
U3O8	M - S
....	



**Mélanges
isotopiques
(%m U235)**

Naturel	0,7%
Appauvri	< 0,2%
Enrichi	1 à 5%
Retraitement	< 0,1%

* selon CIPR 137

Service de prévention et de santé au travail Orano Sud Est

Equipe

4 médecins, 13 infirmiers (HN + 2*8h), 1 ergonome, 6 AST

Locaux sur Pierrelatte et Malvesi

Missions

Suivi médical des salariés

Actions sur le milieu du travail (prévention, étude de poste)

Suivi des expositions radiologique et chimique

Prise en charge des urgences radiochimiques et médico-chirurgicales

(astreinte radiochimique / infirmerie et bloc de prise en charge radiochimique)

Spécificités chimique de l'uranium

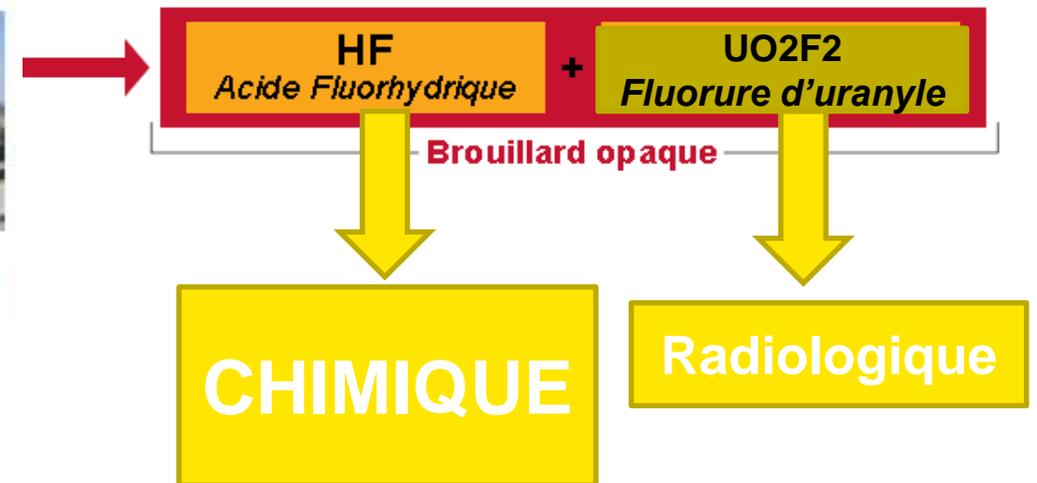
Gestion des risques chimiques qui accompagnent l'Uranium

Acide, base, solvant

→ Cas de l'exposition à UF_6



UF_6 + humidité de l'air

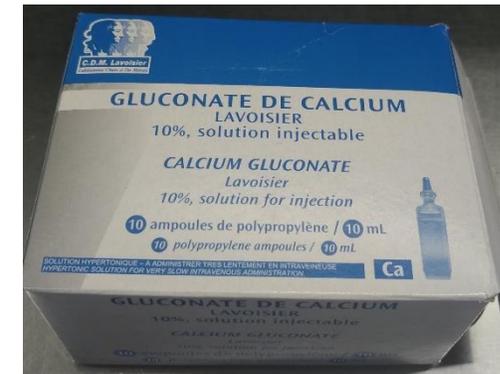


Spécificités chimiques de l'uranium

Exposition aiguë à des composés d'Uranium : Approche hiérarchisée



Risque chimique prioritaire → réclame une action au plus près de l'incident



Spécificités chimiques de l'uranium

Toxicité intrinsèque de l'uranium

Rein = 1^{er} organe cible

- **Varie selon la forme chimique et la voie d'incorporation**

Plus l'Uranium est soluble plus il migre rapidement dans le sang puis dans les reins = plus il est néphrotoxique

Inhalation (voie professionnelle principale) : toxicité pulmonaire associée des composés insolubles

- **Autres toxicités chimiques avérées ou suspectées :**
 - ➔ os, SNC, foie, cardiovasculaire, système reproducteur

Spécificités chimiques de l'uranium

Dualité Chimique et Radiologique : Prédominance du risque

consensus : 3µg/g de Rein / 6mSv annuel (ISO 16638, 2017)

Impacte les limites d'exposition au poste de travail

Caractéristiques physico-chimiques et isotopiques		Toxicité	
Type d'absorption du composé de l'uranium	Enrichissement en ^{235}U , en masse	Incorporation aiguë ou incorporation unique	Incorporation chronique ou incorporations multiples
Type F	moins de 3 %	Chimique	Chimique
	au-dessus de 3 %		Radiologique
Type M	moins de 30 %	Chimique	Radiologique
	au-dessus de 30 %	Chimique et radiologique	
Type S	tout enrichissement	Radiologique	Radiologique
Tous types	Avec ^{232}U et/ou ^{236}U	Radiologique	Radiologique

Spécificités chimiques de l'uranium

Dans la pratique :

→ maîtrise du risque d'incorporation intermédiaire/chronique :

Analyse de risque : Conditions d'exposition, de protection, REX

Surveillance radiologique (APA, balise, cartographie...) et chimique associés (HF) permettent d'assurer une surveillance du risque chimique

Biométrie et biologie

- Suivi urinaire radiotoxicologique des agents
- Suivi biologique de la fonction rénale des agents

→ Prise en charge des expositions aiguës :

Au plan chimique la gestion des co-exposants est prioritaire (Acide fluorhydrique, nitrique...)

- Analyse Uranium pondéral urinaire → évaluation du risque chimique de l'Uranium
- En cas de fortes incorporations à des produits solubles → Suivi de la fonction rénale

Spécificités radiologiques de l'uranium

Plusieurs spectres possibles

UN (naturel)	A% 232	A% 234	A% 235	A% 236	A% 238	A massique en Bq/gU
		49,49%	2,25%		48,26%	2,5 ^E +04
U Appauvri		A% 234	A% 235	A% 236	A% 238	A massique en Bq/gU
		38,02%	1,92%	1,15%	58,90%	1,5 ^E +04
U Retraitement	A% 232	A% 234	A% 235	A% 236	A% 238	A massique en Bq/gU
	2,16%	74,84%	0,78%	10,62%	11,64%	1,04 ^E +05
UNE (enrichi) 1%		A% 234	A% 235	A% 236	A% 238	A massique en Bq/gU
		61,05%	2,37%		36,49%	3,36 ^E +04
UNE 5%	A% 232	A% 234	A% 235	A% 236	A% 238	A massique en Bq/gU
	0,05%	89,27%	2,58%	0,39%	7,61%	1,55 ^E +05

Exposition radiologique à l'uranium

Examens à disposition

- Mouchoirs
- et Urines immédiate
- Anthroporadiamétrie (ATP)
- Urines U24h
- Selles

Examens d'orientation

Examens à visée dosimétrique

Urines et selles

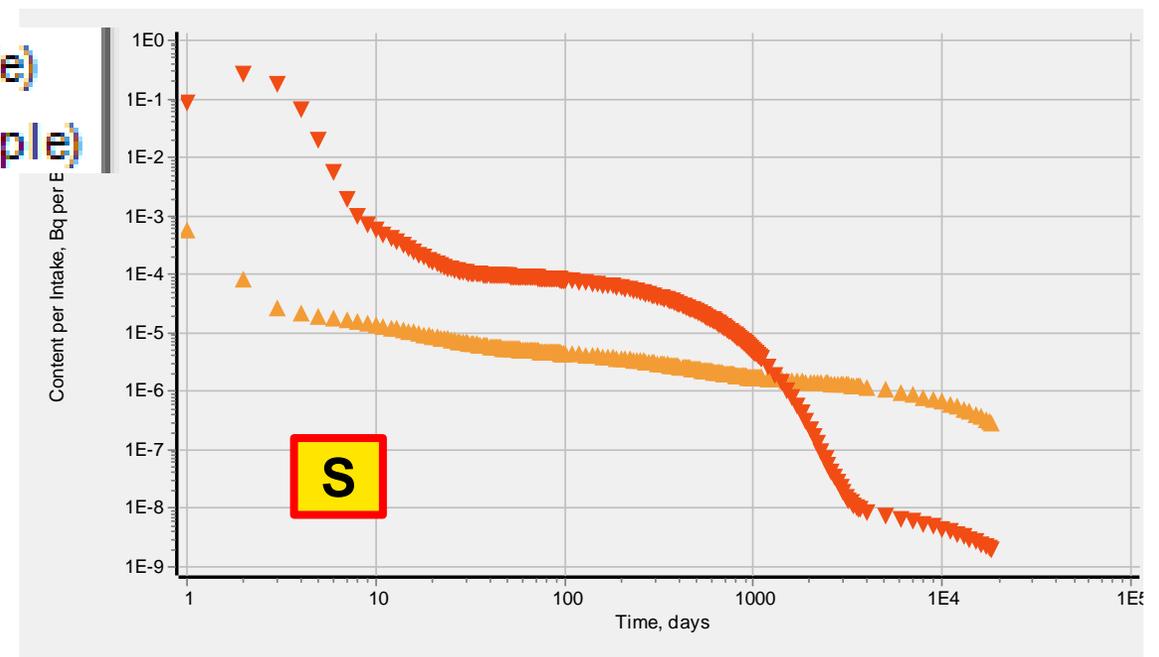
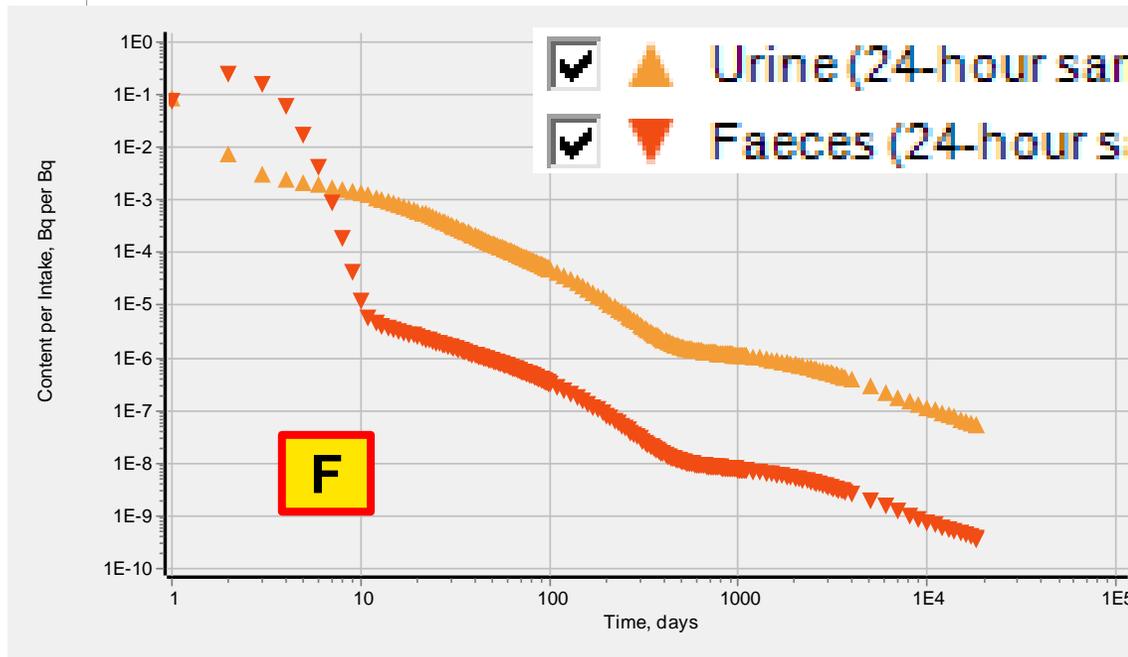
→ analyses pondérale par ICPMS ou en activité par spectrométrie

Exposition radiologique à l'uranium

Urines et selles

- Urines très efficaces pour surveiller les formes solubles (F → M)
- Selles indispensables pour les formes peu solubles (M/S → S)

Contenu Urines/Selles en Bq par Bq incorporé (U235 –CIPR137)



Exposition radiologique à l'uranium

Dans la pratique,

1. Exposition sur incident connu

- Répartition isotopique, forme chimique et mode d'incorporation connus
- Récupération des circonstances de l'incident (contamination corporelle, EPI, alarme Balise, durée d'exposition) + REX
- **Examens d'orientation** (Mouchoir et urine immédiate)

→ Gradation du risque et application des examens *a priori*

- Comparaison aux valeurs dérivées pour 1mSv et 0,1mSv pour réajuster les examens

Ex : UF₆_{nat}

J1 urines	1mSv	0,1mSv
valeur dérivée en Bq/j	150	15
valeur dérivée en µgU238/j	5800	580

→ A distance : Calcul de dose

Exposition radiologique à l'uranium

Dans la pratique,

2. Exposition sur un incident non identifié (examen de routine)

Complement d'examen

Enquête puis

Hypothèse(s) d'incorporation (Répartition isotopique, forme chimique et mode d'incorporation, date)

→ Cohérences de ou des hypothèse(s) ?

- Entre les résultats d'analyse
- Aux données du poste de travail (Act. incorporée, forme chimique compatible...)
- Agenda, chronologie

→ Principe de l'inhalation au milieu de l'intervalle (HAS 2011)

→ A distance : Calcul de dose

Exposition radiologique à l'uranium

Incorporation et excrétion d'Uranium naturel environnemental Variabilité régionale et individuelle

	Hurtgen, 2001	CIPR23, 1975	EMC, 1998	BIOTOX, 2007
Excretion urinaire moyenne en mBq/j	0,2	1,25	7/gc	7,5
Excretion fécale en mBq/j	57	45	70	

- **En cas de calcul de dose**
 - Retrancher les valeurs de précédents examens, données locales ou épidémiologiques (CIPR 23)
 - Cause environnementale ?
- **A noter : En cas de suivi de routine**
 - Quel seuil déterminer ?? (NED 1mSv-selle/180j Unat S = 8,7mBq/j *ISO 16638)

Décontamination et décorporation de l'uranium

Décontamination

Après neutralisation chimique dans tous les cas

Lavage par traitement non spécifique (savon doux éventuellement DAKIN®)

Décorporant

DTPA : efficacité limitée

Bicarbonate de sodium : efficacité discutée / néphrotoxicité* (*Fiches Piratomes*)

Autres ? Biphosphonate / dérivés d'Hydroxipiridone / TIRON ???

→ A ce jour : Hydratation ++++ (protection rénale au moins théorique)

Et la visite médicale

- Irradiation : Dosimétrie CE site moyenne < 1mSv/an
- Contamination interne : assurer le suivi des examens Radiotoxicologiques, adaptés par installation/poste/chantier

Examen clinique et autres suivis (biologiques, paracliniques...)

- ATCD K pulmonaire, hématologique, Osseux... =><= niveau de contamination enregistré précédemment
- Porte d'entrée : tympan, peau, muqueuse... (risque de contamination !!!)
- État général
 - ➔ Conditions de travail : travail en température, EPI contraignants, milieu industriel, itinérance
- Fonction rénale
- Traçabilité des expositions / Epidémiologie

Conclusion

Dualité omniprésente des risques chimique (intrinsèque et extrinsèque) et radiologique

Priorisation de la prise en charge des risques chimiques associés à l'uranium (liés aux processus industriels)

→ Importance de la coordination avec les secours interne et externe.

Spécificités du suivi radiologique : mélanges isotopiques et chimiques variés et présence naturelle de l'Uranium dans les excréta

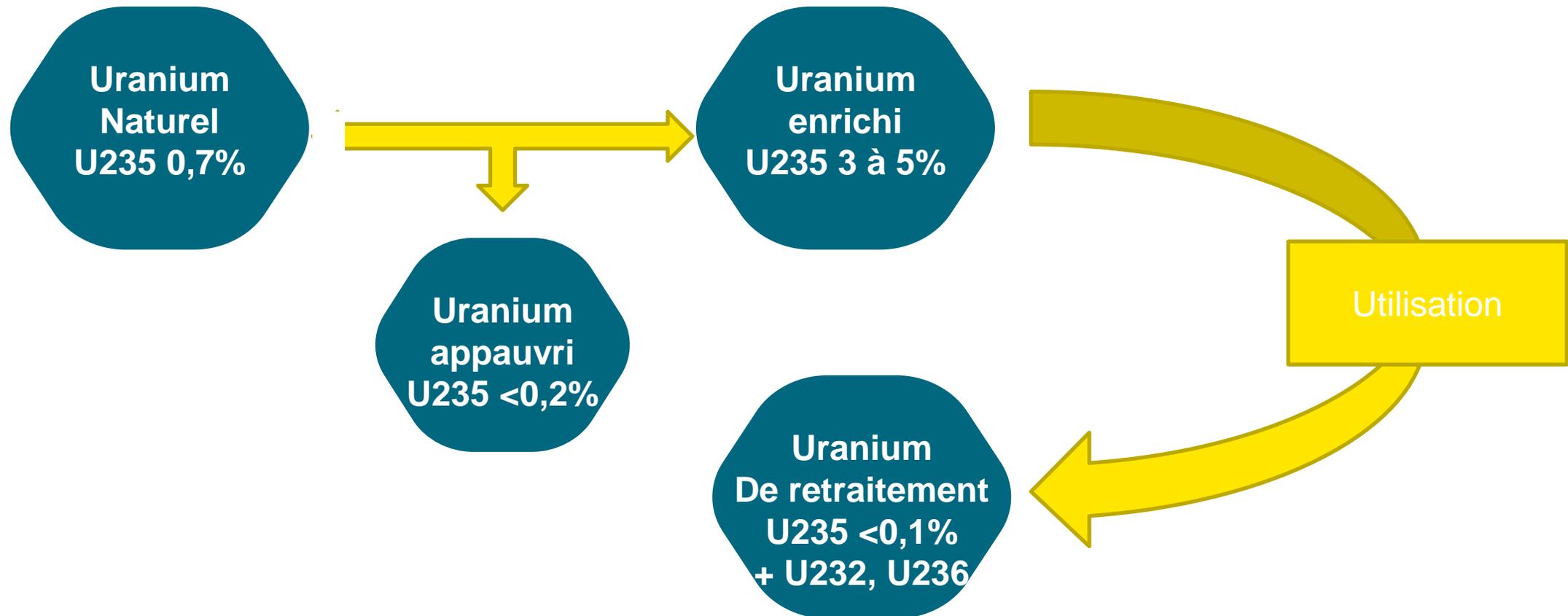
→ Choix et interprétation des examens !!!

Sources

- **ICRP 30, Limits for intakes of radionuclides by workers : Part 1, 1979**
- **ICRP 137, Occupational Intakes of Radionuclides : Part 3, 2017**
- **ISO 20553 : Surveillance professionnelle des travailleurs exposés à un risque de contamination interne par des matériaux radioactifs, 2006**
- **ISO 16638-1 : Radioprotection - Contrôle et dosimétrie interne des éléments spécifiques - Partie 1 : Inhalation de composés d'uranium, 2017**
- **RCP, surveillance médico-professionnelle de l'exposition interne aux radionucléides en Installations Nucléaires de Base, HAS, 2011**
- **ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Toxicological Profile for uranium, 2013**
- **Stradling N., Hodgson A., Ansorbolo E., Berard P. Industrial Uranium compounds exposure**
- **Limits, assessment of intake and toxicity after inhalation, NRPB report W22, 2002**
- **PROSITONS : Revue des effets toxicologiques de l'uranium, 02/2014**

Spécificités radiologiques de l'uranium

Objectif isotopique de l'enrichissement (%massique)



Exposition radiologique à l'uranium

Point sur l'Anthroporadiamétrie

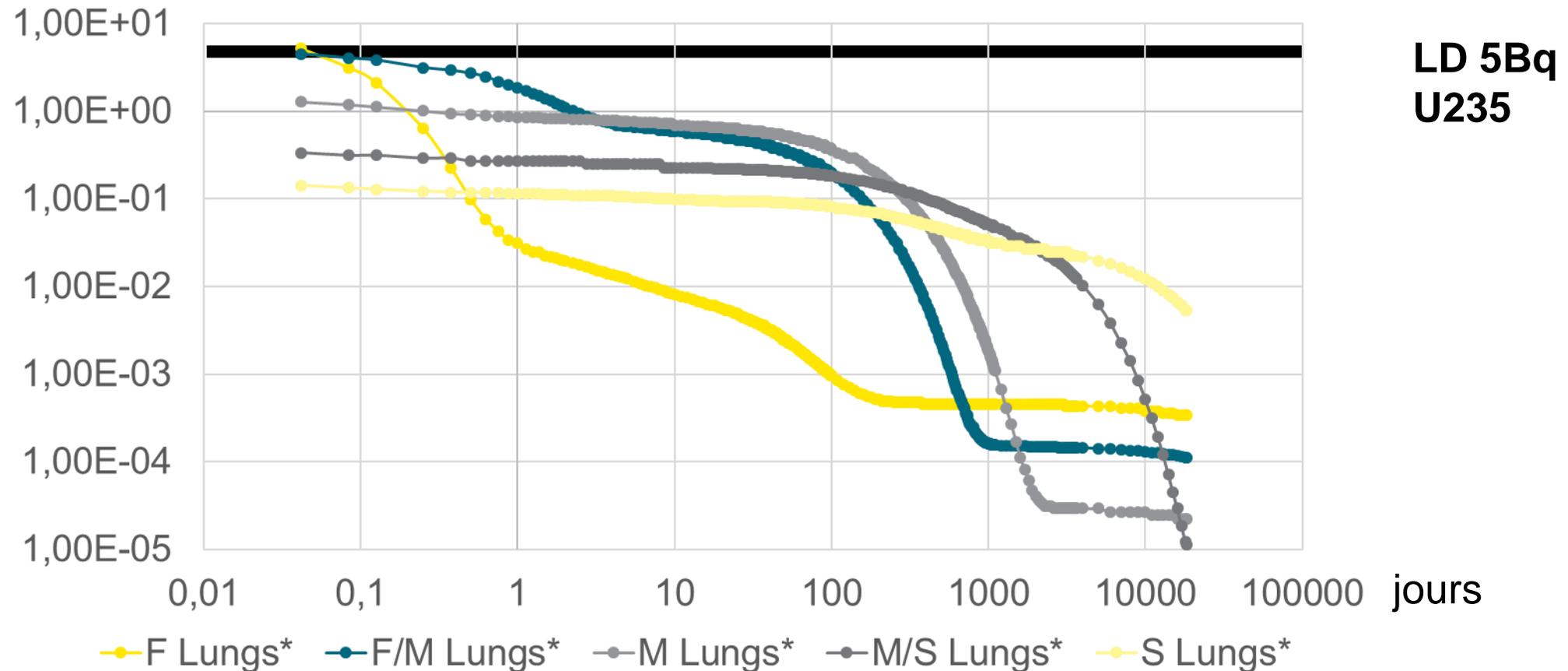
- Anthroporadiamétrie Pulmonaire :
- → LD conditionnée par l'U235 (R γ 185Kev LD~5Bq)

	Activité d'Ux en Bq pour une présence de 5Bq d'U ₂₃₅	E(50) en mSv H = +3heure solubilité F*
Unat	222	1,34
Uapp U5 0,2%	467	1,56
Uenrichi U5 3,5%	145	2,96
Uretraitement	455	8,70

* : coef. CIPR 137
calcul MODOSE

Exposition radiologique à l'uranium

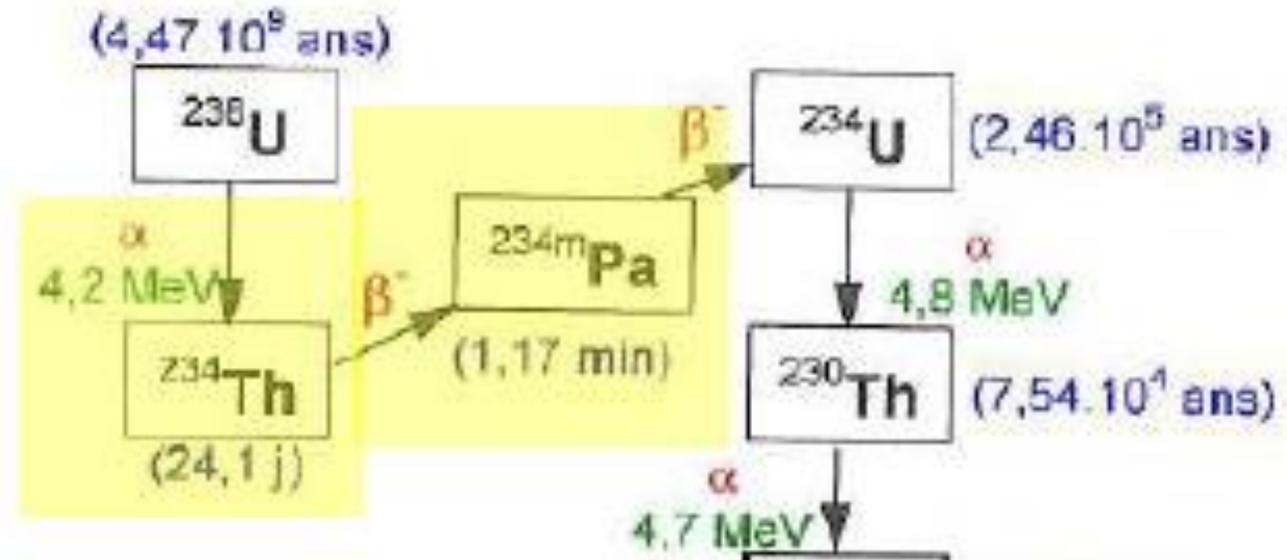
Contenu pulmonaire en Bq d'U235 pour une inhalation d'Unat avec 1mSv d'E50



Spécificités radiologiques de l'uranium

Ses descendants

Couple Th234 – Pa234



- 10 tonnes d' $\text{U}238$ généreront en 105 jours 140 μg de $\text{Th}234$
 - mais représentera 95% de l'activité de l' $\text{U}238$ présent, soit $2,4 \cdot 10^{11}$ Bq
 - Fut plein, L' U joue un rôle d'écran : $\sim \mu\text{Gy/h}$ → fut vide $\sim \text{mGy/h}$
- Contamination interne : DPUI 5 μm , M : à $6 \cdot 10^{-9}$ Sv/Bq



Orano • Formes fluorés sont faiblement volatile

Spécificités chimiques de l'uranium

Toxicité intrinsèque de l'uranium par inhalation suivi biologique

Niveau urinaire dérivé pour 3µg/g rein

(Stradling N., Hodgson A., Ansorbolo E., Berard P. 2002)

Type de surveillance	Type d'absorption	Intervalle de temps pour le mesurage (jours)	Toxicité chimique	Unité
			Niveau d'investigation dérivé	
Urine	F	30	20	µg j ⁻¹
	M	90	16	µg j ⁻¹

Plan

1. Activités au travers du cycle du combustible
2. Un parcours chimique et physique
3. SPST ORANO
4. Spécificités chimique de l'uranium

5. Spécificités et Exposition radiologique de l'uranium
6. Décontamination et décorporation
7. Visite médicale
8. Conclusion