



AREVA



**Evaluation de l'impact dosimétrique des
stockages de résidus de traitement des minerais
d'uranium par modélisation et comparaison avec
les résultats de surveillance de l'environnement**

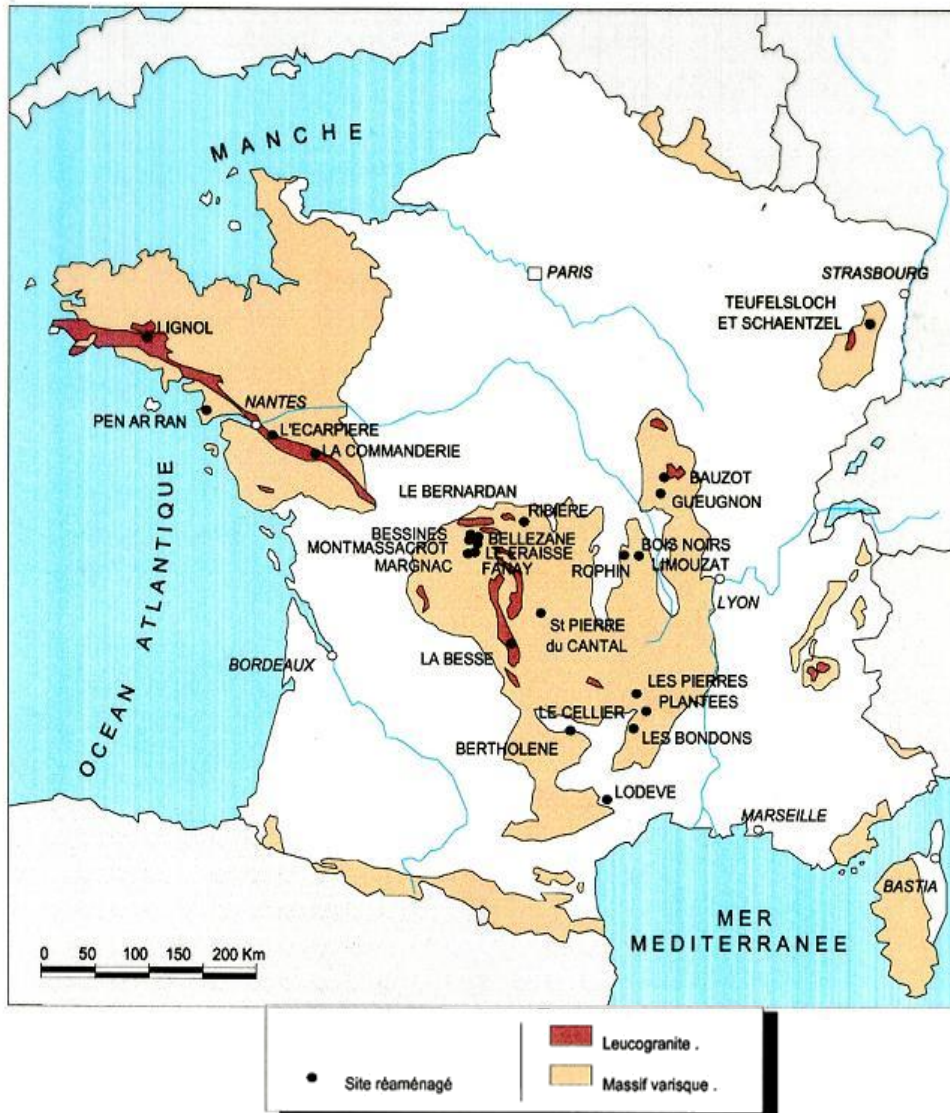
Philippe CROCHON

AREVA MINES / DIRECTION TECHNIQUE

Journées SFRP – 2 octobre 2013



Les sites miniers uranifères : Localisation



1947 - 2001:

- 76 000 t d'Uranium
- 167 Mt de stériles
- 52 Mt de résidus
- 17 sites de stockage
- 8 anciennes usines
- 244 sites miniers
 - AREVA : 234
 - Etat : 9
 - CEA : 1
- 12 régions
- 26 départements



1950 : Henriette, première mine française



L'arrêt des mines françaises

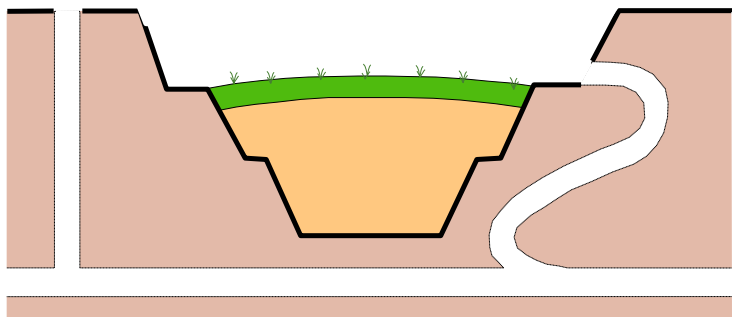


Caractéristiques des résidus

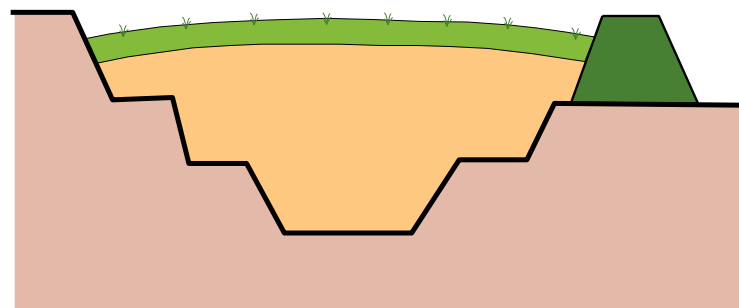
► Caractéristiques des résidus de traitement des minerais d'Uranium

- ◆ Tonnage équivalent à celui du minerai (50 Mt)
- ◆ Sous forme ↪ de sables argileux (lixiviation dynamique
minerai > 0,6 ‰ U)
↪ de blocs rocheux (lixiviation statique –
minerai < 0,6 ‰ U)
- ◆ Ne contiennent que des radionucléides de la chaîne U :
U résiduel (40 % stat - 5 % Dyn) + totalité descendants
- ◆ Activité massique moyenne totale :
lixiviation dynamique : 312 Bq. g⁻¹ – Ra 226 : 31 Bq. g⁻¹
lixiviation statique : 44 Bq. g⁻¹ – Ra 226 : 4 Bq. g⁻¹

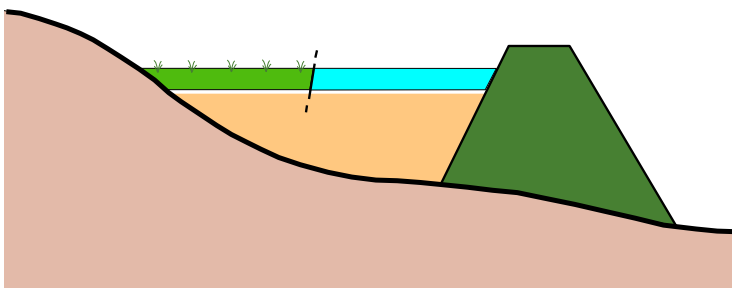
Différents types de stockages de résidus miniers



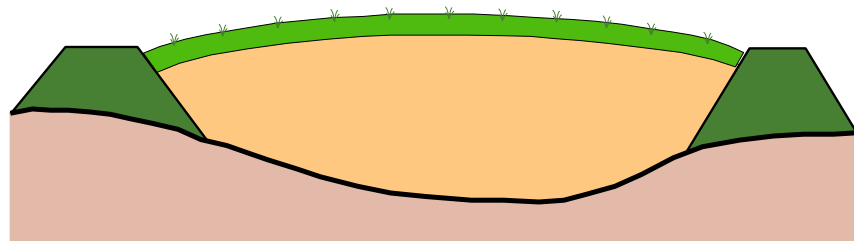
M.C.O. (± T.M.S)
REPLISSAGE TOTAL OU PARTIEL
(Ex : Bellezane - Cellier)



M.C.O. + DIGUE
REPLISSAGE TOTAL
(Ex : Brugeaud - Montmassacrot - Lodève)



THALWEG BARRE PAR DIGUE
REPLISSAGE TOTAL
(Ex : Forez - Bertholène)



DEPRESSION + MERLON OU DIGUE DE CEINTURE
REPLISSAGE TOTAL
(Ex : Ecarpière - Jouac - Lavaugrasse)

Stockage de résidus Impact radiologique à long terme (Etude réalisée dans le cadre de PGMDR)

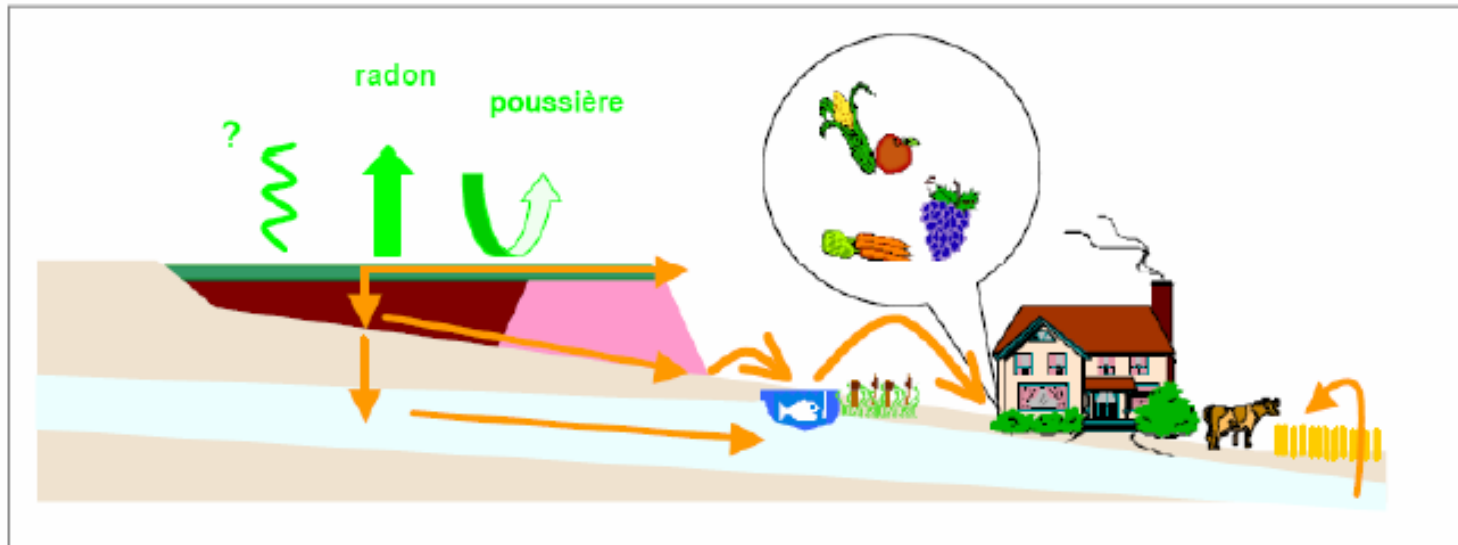


PNGMDR 1 (2007 / 2009)

- ▶ **Evaluation de l'impact dosimétrique par modélisation (scénarios évolution normale / évolution altérée)**
- ▶ **Méthodologie basée sur la doctrine DPPR de 1999**
- ▶ **Prise en compte des différentes voies d'exposition (externe et interne)**
- ▶ **Application à 9 sites de stockages représentatifs des différents stockages :**
 - ◆ **Ecarpière, Bernardan, Brugeaud, Bellezanne, Lodève, Gueugnon, Lavaugrasse, Bois Noirs Limouzat, Saint-Pierre du Cantal**

► Contenu de l'étude

- ◆ Description des termes sources et du stockage
- ◆ Description des voies de transfert
- ◆ Description des voies d'exposition (externe, interne : inhalation et ingestion)
- ◆ Evaluation de la dose efficace ajoutée par modélisation pour les groupes de référence avec un scénario d'évolution normale et des scénarios d'évolution altérée



Scénario d'évolution normale

► Scénario d'évolution normale :

◆ Etudié à partir de la situation actuelle selon 3 configurations

- Phase de surveillance (groupes de référence adultes, enfants, travailleurs sur site)
- Phase de surveillance « passive » (mêmes groupes de référence, eaux non traitées)
- Phase de perte de mémoire du site (eaux non traitées, activités sur le site)

Scénarios d'évolution altérée

- ▶ **Scénarios d'évolution altérée (Incluant la perte de mémoire du site mais en conservant les caractéristiques de l'homme)**
 - ◆ **Perte d'intégrité de la couverture et de la digue (mêmes groupes de référence + promeneurs + travailleurs sur site)**
 - ◆ **Résidence sur stockage avec couverture**
 - ◆ **Résidence sur stockage sans couverture**
 - ◆ **Chantier de terrassement**
 - ◆ **Jeux d'enfants sur les tas excavés du chantier**

Doses efficaces ajoutées obtenues par modélisation (mSv/an)

		Ecarpière	Lodève	Bernardan	Gueugnon	Brugeaud
Scénario d'évolution normale						
Phase de surveillance		0.098 – 0.73	0.004 - 0.07	0.03 – 0.18	0.11 – 0.77	0.019 – 0.62
Phase d'oubli		17	1	20	0.11 – 0.77	1.0 – 1.6
Résultats de surveillance		0.05 – 0.16	0.26 – 0.37	0.06 – 0.11	0.59	0.06 – 0.87
Scénarios d'évolution altérée						
Perte d'intégrité couverture + digue	Phase de surveillance	0.41 – 1.8	0.15 – 2.4	0.74 – 1.4	0.37 – 3.8	0.17 – 4.3
	Phase d'oubli	17 - 18	1 – 3.3	21	0.37 – 3.8	1.1 – 5.3
Résidence sur stockage avec couverture		25	1.9	37	22	5.8
Résidence sur stockage sans couverture		30	16.7	50	36	16
Chantier		8.4	1.7	3.4	9.4	7.8
Jeux d'enfants		0.98	0.9	1.2	1.8	1.1

Doses efficaces ajoutées obtenues par modélisation (mSv/an)

	Lavaugrasse	Bellezane	Bois Noirs	Saint-Pierre	
Scénario d'évolution normale					
Phase de surveillance	0.03 – 0.26	0.001 – 0.003	0.0086 – 0.0087	0.07 – 0.13	
Phase d'oubli	1.0 – 1.2	0.52	8.9	6.2	
Résultats de surveillance	0.06 – 0.33	0.11 – 0.20	0.70 – 1.0	0.07 – 0.41	
Scénarios d'évolution altérée					
Perte d'intégrité couverture + digue	Phase de surveillance	0.27 – 1.8	0.11 – 0.32	0.17 – 2.3	0.097 – 0.67
	Phase d'oubli	1.2 – 2.7	0.63 – 0.84	9 - 11	6.2 – 6.8
Résidence sur stockage avec couverture	5.3	0.94	-	19	
Résidence sur stockage sans couverture	15	18	38	30	
Chantier	8.6	-	-	8.3	
Jeux d'enfants	1.1	-	-	1.3	

- ▶ **En scénario d'évolution normale, toutes les doses efficaces ajoutées (adultes + enfants) sont inférieures à 1 mSv/an.**

- ▶ **En scénario d'évolution altérée :**
 - ◆ **Perte d'intégrité couverture : 0.03 - 4.3 mSv/an**
 - ◆ **Résidence sur stockage avec couverture : 0.8 - 37 mSv/an**
 - ◆ **Résidence sur stockage sans couverture : 5 - 50 mSv/an**
 - ◆ **Chantier : 1.7 - 9.4 mSv/an**
 - ◆ **Jeux d'enfants : 1 - 1.8 mSv/an**

Stockage de résidus Impact radiologique à long terme (Etude réalisée dans le cadre de PNGMDR)



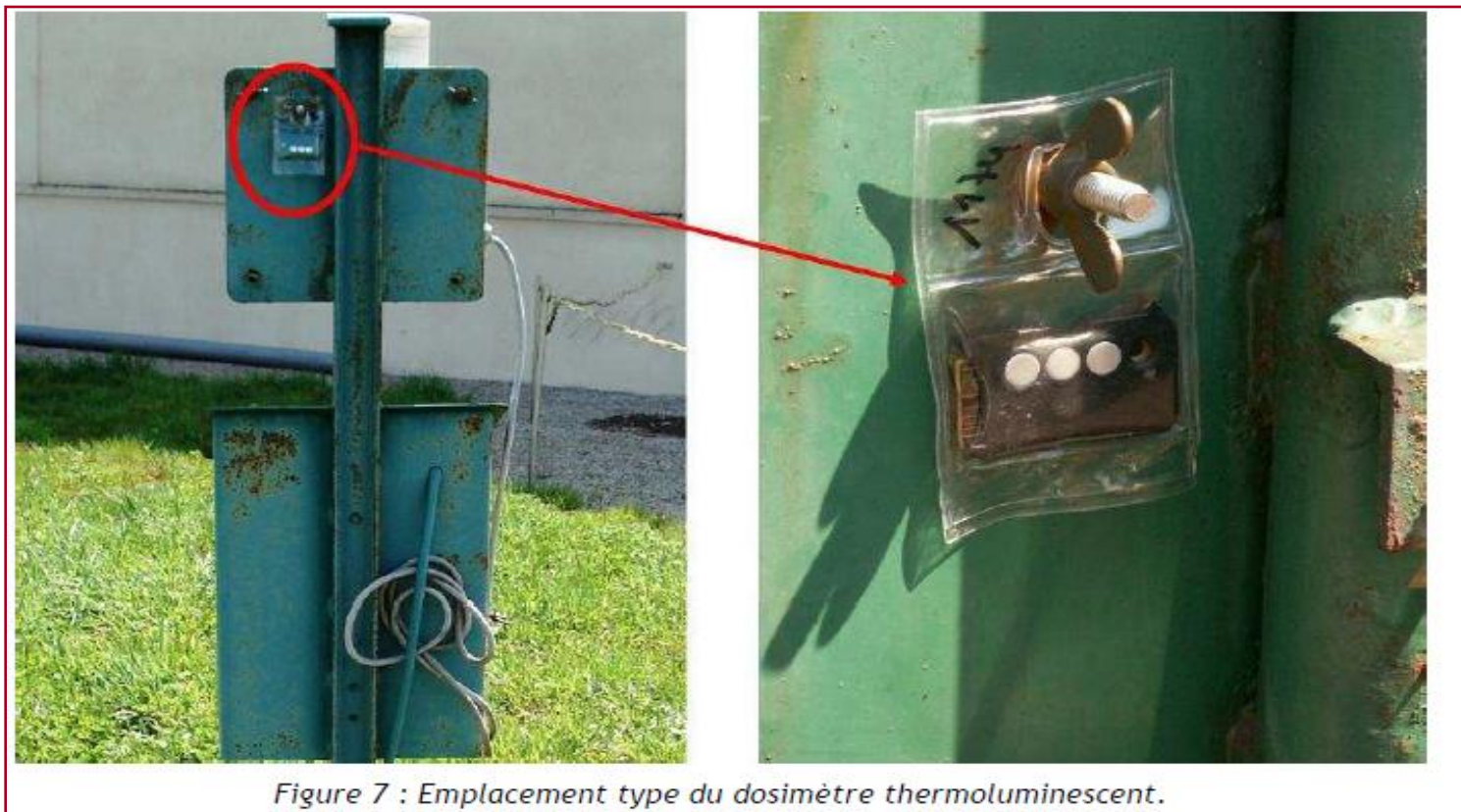
PNGMDR 2 (2010 / 2012)

- ▶ **Comparaison des résultats de surveillance de l'air avec les résultats de la modélisation.**

Réseau de surveillance comprend :

- ◆ 29 groupe de référence autour des 9 sites de stockages
- ◆ Dose efficace ajoutée annuelle établie avec les données d'une station de référence « milieu naturel »

Mesures intégrées Dosimètres thermoluminescents



- ▶ Stations fixes placées à 1,5 m de hauteur
- ▶ Mesures intégrées sur 3 mois

RADON

Mesures intégrées: Dosimètres de site



Figure 6 : Une station de mesure pour la surveillance atmosphérique.

- ▶ **Stations fixes placées à 1,5 m de hauteur**
- ▶ **Mesures intégrées sur 1 mois**
- ▶ **Mesures de l'EAP (en nJ/m³)**

Stockage de résidus

Impact radiologique à long terme

- ▶ **Etude PNGMDR 2 (2010 / 2012) : comparaison des résultats de surveillance de l'air avec les résultats de la modélisation**
 - ◆ **Débits de dose :**
 - Les résultats issus de la modélisation sont très inférieurs à ceux issus des mesures
 - En valeur ajoutée (sans bruit de fond) : forte différence entre les valeurs mesurées et les valeurs calculées
 - ◆ **EAP Radon 222 :**
 - Les résultats issus de la modélisation sont inférieurs à ceux issus des mesures
 - En valeur ajoutée (sans bruit de fond) : forte différence entre les valeurs mesurées et les valeurs calculées
 - ◆ **Poussières : mesures inférieures à la limite de détection. La modélisation confirme ces mesures.**

- ▶ **Pour comparer les valeurs entre elles : normalisation des mesures à une teneur (débit de dose) et à un flux (EAP) communs. Constats :**
 - ◆ Pas de diminution de débit de dose avec la distance
 - ◆ EAP calculée < EAP mesurée
 - ◆ Constance de l'EAP mesurée en fonction des distances

- ▶ Les mesures faites dans l'environnement des stockages correspondraient plutôt à des mesure du bruit de fond local
- ▶ La comparaison a porté sur les groupes de référence souvent distants de quelques centaines de mètres des stockages
- ▶ PNGMDR 3 (2013 / 2015) demande « *la poursuite et la généralisation de cette démarche de comparaison entre données de surveillance et résultats de modélisation afin d'améliorer la pertinence et l'utilité du dispositif de suivi des sites et de renforcer la confiance dans ses résultats de calculs* »