

**DETERMINATION DES DEBITS DE DOSE RELATIFS AUX DIFFERENTES SOURCES D'EXPOSITION
DANS L'ENVIRONNEMENT PAR MESURE GE IN SITU**

X. CAGNAT¹, R. GURRIARAN¹, N. BRISSON², M. CHEVREUIL², P. BOUISSET¹

¹ IRSN/DPRE/SERNAT/LMRE bât 501 bois des Rames 91400 Orsay

² IRSN/SSEI 31 rue de l'Ecluse – BP 35 – 78116 Le Vesinet

Résumé

L'utilisation d'un détecteur germanium dans les conditions de mesure *in situ* permet d'établir l'origine des doses externes. En septembre 2002, le groupe EURADOS organisa au PTB (Braunschweig, Allemagne) une intercomparaison internationale des moyens de mesure de débit de dose. L'exercice s'est déroulé sur plusieurs jours en offrant des conditions expérimentales originales en milieu naturel. Les résultats de cette intercomparaison sont en cours d'interprétation, une partie de ceux obtenus par notre équipe sont reportés dans ce document.

I INTRODUCTION

La surveillance de la radioactivité dans l'environnement est réalisée depuis plusieurs décennies dans la plupart des pays Européens, avec un intérêt accru à la suite à l'accident de Tchernobyl. Ce suivi se limite généralement à la détermination des concentrations des radionucléides par une mesure différée en laboratoire de prélèvements [1], par la surveillance en continu ou encore la mesure *in situ* [2,3] pour estimer l'exposition interne (ingestion, inhalation, incorporation transcutanée).

La connaissance plus récente de l'inhomogénéité des retombées, notamment dans les paysages au relief accentué [4, 5], nécessite d'estimer aussi le risque dû à l'exposition externe, avec une question subsidiaire sur l'origine des doses. La dose dans le milieu naturel provient de plusieurs sources dont la contribution relative peut varier. Elle provient :

- des nucléides fossiles (les familles ²³⁸U, ²³⁵U et ²³²Th, ⁴⁰K ...) et cosmogéniques (⁷Be, ²²Na, ¹⁴C, ³H...),
- du rayonnement d'origine cosmique (muons, électrons, neutrons...), et
- des radionucléides provenant des retombées des essais nucléaires ou issus des installations industrielles, médicales et de recherche.

L'exercice organisé par le groupe EURADOS [6] a été établi pour comparer les réponses des différents moyens de mesure en Europe.

II MATERIELS

Nous utilisons un spectromètre Ge type N de 30% d'efficacité relative, placé sur un trépied à un mètre du sol. L'électronique est constituée d'un module compact d'acquisition du commerce et d'un microordinateur. Cet équipement est assez fréquent dans les unités

de surveillance de l'environnement et est employé pour déterminer l'activité massique des radionucléides dans le sol. On peut aussi en déduire la dose par radionucléides en suivant la méthode recommandée par l'ICRU [7]. Les résultats du Ge sont comparés aux valeurs obtenues avec d'autres dispositifs :

- chambre d'ionisation (RSS 131, Reuter Stokes),
- spectromètre portable muni d'un scintillateur NaI (SafeSpec 3, Eurisys mesures),
- dosimètre à scintillateur plastique (FHZ672E, APVL),
- sonde GM (RD02, RADOS) équipant le réseau de surveillance Téléray de l'IRSN.

Les résultats du Ge sont exprimés en débit de dose absorbée [7]. Pour comparer aux autres appareils exprimant les résultats en débit d'équivalent de dose, les mesures de la chambre à ionisation sont exprimées en nGy/h et nSv/h grâce aux facteurs de conversions de [8].

III RESULTATS EXPERIMENTAUX ET DISCUSSION

L'exercice s'est déroulé en milieu naturel :

- à une profondeur de 935 mètres sous terre dans une mine de sel (UDO), en absence de source et avec des sources de référence collimatées placées à 2 mètres, et
- sur un lac pour étudier la réponse au rayonnement cosmique,
- en champ libre, en absence de source et avec des sources de référence placées à 5 m.

III.1 MESURES DANS LA MINE

Pour trois faisceaux différents (^{60}Co , ^{137}Cs et ^{226}Ra) nous observons (tableau 1) une bonne cohérence de l'ensemble de nos appareils. Cependant, aux fortes énergies du ^{60}Co une surestimation est à noter pour les sondes GM. A contrario le scintillateur plastique peu sensible à haute énergie, fourni une valeur inférieure. Le détecteur Ge, du fait de l'analyse spectrale, s'affranchit bien de ce problème de l'évolution de l'efficacité de détection en fonction de l'énergie.

Sources	TLR n° 886	TLR n° 999	SafeSpec	FHZ	RSS 131	Ge	unité
^{60}Co	-	-	-	-	461 ± 22	440 ± 50	nGy/h
	663 ± 22	669 ± 20	-	477 ± 2	547 ± 25	-	nSv/h
^{137}Cs	-	-	-	-	111 ± 6	100 ± 12	nGy/h
	130	110	110	139 ± 8	132 ± 6	-	nSv/h
^{226}Ra	-	-	-	-	231 ± 11	204 ± 20	nGy/h
	260 ± 50	260 ± 50	-	265	274 ± 15	-	nSv/h
sans	-	-	-	-	1.8±0.1	1.0±0.1	nGy/h
	<10	<10	-	1.79±0.04	2.1±0.1	-	nSv/h

Tableau 1 - Débits de dose absorbée [nGy/h] et débits d'équivalent de dose H*(10) [nSv/h] pour 3 sources collimatées et sans sources dans la mine UDO.

III.2 MESURES SUR LE LAC

Les mesures sont effectuées sur une plate-forme placée à un minimum de 100 mètres des rives. Le débit de dose dû au rayonnement cosmique (100 m d'altitude) est estimé à 33

nGy/h en bon accord avec les résultats de la chambre d'ionisation (tableau 2). On constate comme attendu une faible réponse des détecteurs à scintillation et du détecteur Ge.

Dose	TLR n° 886	TLR n° 999	SafeSpec	FHZ	RSS 131	Ge	unité
^{40}K	-	-	-	-	-	0,6 ± 0,2	nGy/h
Famille ^{232}Th	-	-	-	-	-	0,4 ± 0,2	nGy/h
Famille ^{238}U	-	-	-	-	-	0,6 ± 0,2	nGy/h
dD/dt total	-	-	-	-	36,9 ± 2,2	1,5 ± 0,4	nGy/h
dH/dt. total	48 ± 22	43 ± 26	5	5	43,7 ± 2,6	-	nSv/h

Tableau 2 - Débits de dose absorbée et équivalent de dose H*(10) [nSv/h] sur le lac.

III.3 MESURES EN CHAMP LIBRE

L'expérience se déroule dans des conditions classiques pour la mesure *in situ* avec des durées d'acquisition inférieures à une heure. Le résultat intégral du Ge est en concordance avec le résultat de la chambre d'ionisation. La précision est satisfaisante - de l'ordre de 10% à 30% sur les radionucléides majoritaires et de moins de 10% sur la dose totale.

Dose	TLR	RSS 131	Ge	Unité
^7Be	-	-	0,10 ± 0,08	nGy/h
^{40}K	-	-	14 ± 4	nGy/h
^{137}Cs	-	-	1,8 ± 0,6	nGy/h
Famille ^{232}Th .	-	-	9,3 ± 0,8	nGy/h
Famille ^{238}U	-	-	6,7 ± 2,6	nGy/h
Cosmique (calcul)	33	33	33	nGy/h
dD/dt Total	-	69 ± 6	65 ± 5	nGy/h
dH/dt total	80 ± 26	82 ± 7	-	nSv/h

Tableau 3 - Débits de dose absorbée et d'équivalent de dose H*(10) en champ libre

Les résultats obtenus avec le Ge en champ libre et à UDO sont reportés (figure 1) en comparaison avec ceux obtenus dans différentes régions françaises (Cotentin, bassin parisien et massif du Mercantour) et montrent la variabilité des différents contributeurs à la dose. En particulier ces résultats illustrent l'importance relative des radionucléides artificiels.

IV CONCLUSION

Dans un site naturel, la spectrométrie Ge rend bien compte du débit de dose à l'exclusion de la fraction induite par le rayonnement cosmique. Sa sensibilité est suffisante pour fournir celle-ci dans un temps relativement bref permettant la mesure de plusieurs sites au cours d'une seule journée. Ceci la rend compatible avec une étude sur un terrain étendu. En comparaison à d'autres dispositifs plus maniables, la spectrométrie Ge *in situ* reste plus difficile à mettre en œuvre. Cette spectrométrie offre l'avantage unique de détailler

précisément les différentes sources d'exposition et de montrer en particulier la contribution relative des sources naturelles et artificielles.

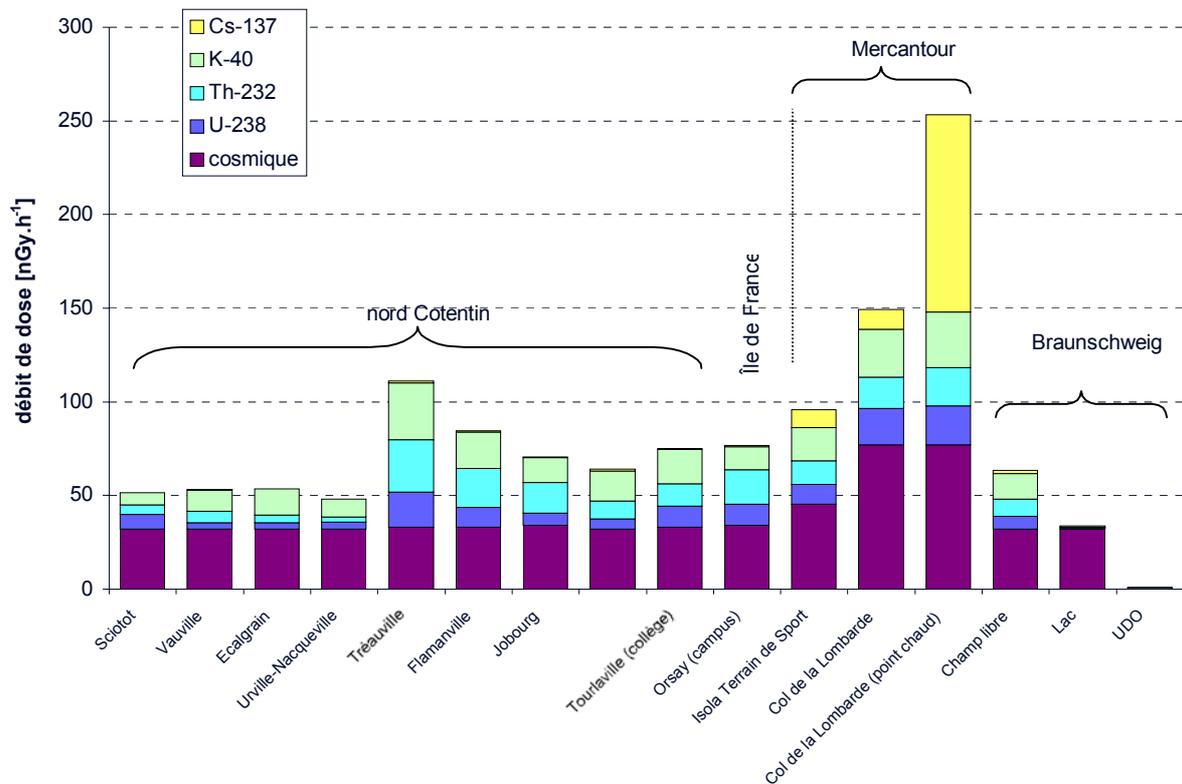


Figure 1 - Débits de dose [nGy/h] déterminés par spectrométrie Ge *in situ* sur différents sites (la composante cosmique est ajoutée)

Références

- [1] P. Bouisset et col. *Concentration de ¹³⁷Cs dans les aérosols en France métropole et à Papeete (Tahiti) de 1960 à 2002, soumis au congrès SFRP Montpellier (2003).*
- [2] J.F. Lacronique, *The French national network for the radiological monitoring of the environment.* Congress Insinume, Fleurus (Belgium) (10-12 June 2002).
- [3] A. Debauche. *Continuous radioactivity monitoring systems. From the pre-history of radioprotection to the future radioecology.* Congress Insinume, Fleurus (Belgium) (10-12 June 2002).
- [4] L. Pourcelot et col. *Spatio-temporal variability of caesium fallout in one high altitude catchment basin,* Goldschmidt 2000, 3-8 sept. 2000 Oxford, UK proceedings vol. 5 (2) p 815.
- [5] R. Gurriaran et al. « *Nord Cotentin 2000* », *in situ intercomparison measurements,* Proceed. Vol.I Congrès ECORAD (sept. 2001) Radioprotection 37 C1 (2002) 191-196.
- [6] www.eurados.org
- [7] ICRU 53, « *Gamma ray spectrometry in the environment* » (1994).
- [8] ICRU 47, « *Measurement of Dose equivalents from external photon and electron radiations* » (1992).