

LE RADON DANS QUELQUES CAVITÉS FRANÇAISES : ÉTUDE PRÉLIMINAIRE

Si la plupart des pays possédant des karsts importants disposent de données sur leurs teneurs en radon atmosphériques, tel n'est pas le cas de la France. Bien que la question ait intéressé TROMBE (1947, 1952) qui évalua indirectement la radioactivité par le biais de la conductivité de l'air, puis SAUMANDE (1993), les études sont quasi inexistantes pour notre pays.

Une étude des valeurs en radon des cavités françaises a donc été proposée par la commission médicale F.F.S., et menée par une équipe pluridisciplinaire¹ avec l'appui de la commission scientifique fédérale.

Avant de réaliser cette étude, il était nécessaire de mettre en place un protocole expérimental fiable, simple et peu onéreux. C'est ce qui a été accompli dans trois cavités du sud du pays (Malaval, Soustelle et Trabuc), et dans trois cavités du Périgord. Les résultats de cette dernière région sont présentés ici.

Protocole expérimental

Après étude des diverses possibilités matérielles mises à la disposition par l'industrie pour les mesures de radon, notre choix a porté sur les dosimètres alpha passifs DPR 1, puis DPR 2 de la société Algade. Il s'agit d'un film Kodak placé dans un boîtier plastique étanche, avec système de verrouillage. Après exposition, le matériel est ré adressé pour traitement au laboratoire. Le résultat de l'activité radon mesurée est donné en Bq.m³.

La durée d'exposition prévue à l'origine était de trois mois, mais des problèmes de planification ont dans les faits conduits à une exposition d'environ quatre mois pour chaque dosimètre. L'étude a été conduite sur une année, à l'exception de la grotte de Font de Gaume en raison des très basses valeurs obtenues pendant huit mois.

Les cavités ont été choisies en fonction de plusieurs critères, notamment : facilité d'accès, fréquentation faible ou encadrée, remplissages importants. Nous avons donc retenu le ruisseau souterrain de La Pépie au nord du département, la grotte des Combarelles, et la grotte de Font de Gaume comme cavité témoin car elle est bien ventilée et possède peu de remplissage.

1. Ruisseau souterrain de La Pépie

1.1. Contexte géomorphologique

Le ruisseau souterrain de La Pépie s'ouvre sur la commune de Saint-Front-sur-Nizonne, au nord du département de la Dordogne (coordonnées Lambert : X = 467.00 Y = 52.82 Z = 195 m), à proximité des premières failles du Limousin distantes d'environ six km seulement. Explorée à partir de 1980 sur environ 1500 mètres (OSTERMANN et al., 1983), cette cavité se développe dans les calcaires du Turonien.

Le massif est un karst couvert d'une couche d'épaisseur métrique à pluri métrique, mentionnée comme « altérites colluvionnées » sur la carte géologique. Ce recouvrement est composé d'alluvions riches en silice avec une matrice argilo-sableuse parfois rougeâtre évoquant le sidérolithique très présent dans la région. Bordé de petites résurgences rarement pénétrables, ce massif comporte de très nombreuses dolines, et la cavité fut découverte par désobstruction de l'une d'entre elles. Une végétation typiquement silicicole (châtaignier, bruyère...) associée à une forêt de chênes et pins couvre l'ensemble de la région.

Après la doline d'entrée, une galerie d'environ 2 mètres de large permet d'atteindre rapidement un méandre qui mène au siphon amont. Le ruisseau, de débit très modeste (généralement aux alentours d'un l/s), est ensuite parcouru jusqu'au fond de la cavité, en suivant toujours une galerie en méandre parfois interrompue par des salles, et une large galerie transversale.

¹ J. Bauer, M. Bouthors, M. Faverjon, S. Jaillet, B. Lismonde, J.-M. Ostermann, M. Wiennen.

1.2. Description de la cavité

Un étage supérieur est accessible dès la zone d'entrée, et peut être parcouru sur environ 350 mètres. Les connexions avec l'étage actif sont très nombreuses.

A noter également que la néotectonique semble avoir affecté certaines portions de la cavité, comme en témoignent l'existence de certaines fractures d'allure récente qui affectent la galerie principale.

Il existe un important remplissage clastique, et surtout allochtone composé de galets de silice et de sable, ainsi que de nombreux passages argileux. Les concrétions sont très rares. De nombreuses zones de soutirage de la couverture sont visibles, surtout au niveau de l'étage supérieur. Elles permettent l'intrusion dans la cavité d'éléments argileux et siliceux issus de la couverture alluviale.

1.3. Climatologie

La cavité est parcourue par un courant d'air soufflant vers l'extérieur en hiver, et aspirant en été. Elle n'est cependant pas assimilable à un tube à vent, une seule entrée existant dans la zone haute. La ventilation de la partie basse est assurée par les nombreuses dolines qui sont autant de points d'absorption de l'air (et des sédiments de la couverture).

La température moyenne de la cavité est d'environ 13°C. Une étude climatologique sommaire a montré des teneurs en CO₂ variant de 0,8 à 2 % quelles que soient les saisons, avec peu de variations inter saisonnières (OSTERMANN, 1990). De nouvelles mesures réalisées pendant les levées de dosimètres permettent de confirmer ces observations, avec des valeurs oscillant entre 1,2 et 2 %. Nous avons attribué ce fait à l'arrivée dans la cavité d'air extérieur en été, alors que le régime hivernal assure une redistribution de l'atmosphère notamment du réseau de fentes.

1.4. Localisation des stations

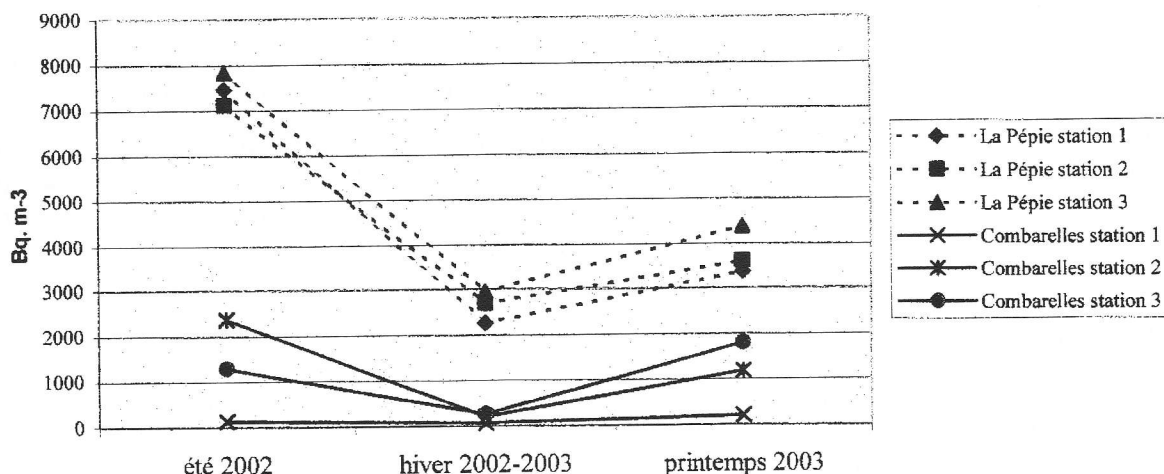
Les stations ont été dispersées pour avoir un aperçu éventuel de la cinétique du gaz dans la cavité. Elles sont toutes placées à une distance de l'entrée respectivement de environ 120 m, 170 m et 240 m, entre 2 et 2.50 m de hauteur par rapport à l'écoulement souterrain, le risque de crue n'étant pas inexistant. On aura donc des valeurs a priori moins élevées qu'au niveau du sol, le radon étant un gaz très lourd.

1.5. Résultats (figure 1)

Lieu :	Ruis. sout. de La Pépie	Départ. : 24	Dordogne
	Date pose / dépose	Durée séjour	Radon Bq/m ³
Station 1	09/06/02 – 13/10/02	126 j	7460
Station 1	13/10/02 – 02/02/03	111 j	2270
Station 1	02/02/03 – 01/06/03	119 j	3380
Station 2	09/06/02 – 13/10/02	126 j	7110
Station 2	13/10/02 – 02/02/03	111 j	2710
Station 2	02/02/03 – 01/06/03	119 j	3620
Station 3	09/06/02 – 13/10/02	126 j	7830
Station 3	13/10/02 – 02/02/03	111 j	2970
Station 3	02/02/03 – 01/06/03	119 j	4400

Teneurs en Radon du ruisseau souterrain de La Pépie

Rn atmosphérique des grottes de La Pépie et Combarelles



La durée de séjour des dosimètres a été en moyenne de 118 jours, permettant de distinguer une période estivale (juin – octobre), hivernale (octobre – février), et printanière (février – juin).

Ces résultats montrent des teneurs toujours supérieures à 2000 Bq/m³, donc très élevées. Ainsi, la valeur moyenne pour la cavité est de 4639 Bq/m³. Il existe un net maximum estival (contrairement au CO²), une diminution pendant l'hiver, et ascension au printemps.

Bien que les courbes soient globalement parallèles, on remarque que la différence de valeur entre deux stations pour la même période atteint 720 Bq.m⁻³ en été (S2/S3), 700 Bq.m⁻³ en hiver (S1/S3), et 1020 Bq.m⁻³ au printemps (S1/S3). La station 3 présente par ailleurs les valeurs les plus élevées lors des trois périodes de mesures.

2. Grotte de Font de Gaume

2.1 Contexte géomorphologique

La cavité, creusée dans les calcaires gréseux du Coniacien, s'ouvre en milieu de falaise à proximité (et sur la commune) du village des Eyzies-de-Tayac, environ 35 m au dessus de la vallée de la Beune, affluente de la Vézère. La région est constituée de plateaux et collines calcaires arrondies (les « puechs ») incisés par les vallées de la Vézère et de ses affluents. La couverture sidérolithique, présente sur la région, n'existe plus aux environs immédiats de la cavité.

2.2 Description de la cavité

C'est une cavité préhistorique célèbre découverte en 1901. Elle comprend plus de 200 représentations pariétales Magdaléniennes et est aménagée pour le tourisme. Il existe deux entrées : l'une est fermée par une porte et sert à la visite, l'autre, distante de quelques mètres et plus au sud, n'est fermée que par des barres d'acier. La cavité se développe sur environ 400 mètres, présente un concrétionnement non négligeable, mais très peu du remplissage originel remplacé par un lit de petits galets de silice sur la zone d'entrée jusqu'au Rubicon. A environ 40 mètres de l'entrée touristique, une galerie latérale orientée au sud (la galerie Vidal) mène à l'autre entrée.

2.3 Climatologie

La cavité a depuis longtemps fait l'objet d'une attention particulière concernant sa climatologie : un système de ventilation permettait en effet d'assurer un renouvellement de l'air (DAUBISSE et al., 1994). Le renouvellement se fait cependant naturellement en permanence en raison de l'existence des deux entrées, à chaque ouverture de la porte lors des visites et par thermoventilation alternée le reste du temps.

Les teneurs en CO² ont également été étroitement étudiées, et présentent d'importantes variations saisonnières, avec un maximum pouvant atteindre 2 % l'été en période de grande affluence touristique. Les températures oscillent entre 13.5° et 15° pour la partie profonde.

2.4 Localisation des stations

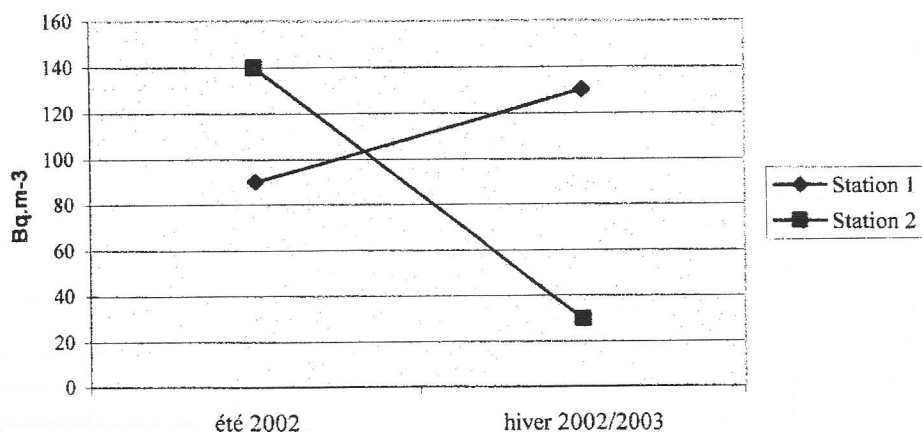
La première station se situe dans la galerie Vidal, à 1,80 m de hauteur. La seconde dans la salle des stalagmites, à 1,50 m de hauteur.

2.5 Résultats (figure 2)

Lieu:	Grotte de Font de Gaume	Dordogne	
	Date pose/dépose	Durée séjour	Radon Bq m ⁻³
station 1	27 06 2002/13 10 02	112 jours	90
station 1	17 10 02/29 01 03	104 jours	130
Station2	27 06 2002/13 10 02	112 jours	140
Station2	17 10 02/29 01 03	104 jours	30

Teneur en radon de la grotte de Font de Gaume

Rn atmosphérique Grotte de Font de Gaume



La durée moyenne de séjour des dosimètres a été de 108 jours. Deux périodes ont été évaluées ici : période estivale (fin juin/ mi octobre), et hivernale (mi octobre/ fin janvier). La valeur moyenne pour l'ensemble des mesures est de 97.5 Bq/m³ ce qui est très bas, en raison certainement de la ventilation de la cavité, de son faible développement et du peu de remplissage. Le maximum est observé en été à la station 1, alors qu'on obtient l'inverse en hiver. Cela s'explique facilement par la ventilation des galeries : on a admission d'air

extérieur majoritairement par la galerie Vidal en été. Nous n'avons pas d'explication pour la très faible valeur obtenue à la station 2 en hiver.

3 Grotte des Combarelles

3.1 Contexte géomorphologique

Cette cavité, qui se développe dans le Conacien, s'ouvre à l'altitude de 90 m, à la base d'un petit vallon affluent de la vallée des Beunes, tout près des Eyzies et sur le même massif que Font de Gaume. Il existe en fait deux grottes des Combarelles : la première, aménagée pour le tourisme, est l'objet de l'étude (Combarelles 1), la seconde se développant plus au nord à partir d'une entrée commune (Combarelles 2). Il s'agissait vraisemblablement d'un même conduit mis au jour par l'érosion du vallon. La grotte est célèbre pour l'abondance des gravures qu'elle contient (environ 600).

3.2 Description

Il s'agit d'un méandre de petites dimensions et d'environ 300 m de long, avec une partie active au fond de la cavité, à un étage inférieur. Les concrétions sont peu nombreuses, et le remplissage allochtone autrefois recouvert de calcite a été sur creusé et évacué du centre de la galerie pour l'aménagement. Il est composé de nombreux galets de silice de taille centimétrique au plus, et d'une matrice argilo-sableuse.

3.3 Climatologie

La cavité est peu ventilée et enrichie en CO₂ en été, ce qui contraint les conservateurs à limiter les visites. La porte d'entrée permet cependant un renouvellement partiel de l'air grâce à une grille supérieure. La température moyenne est de 11.5°. Les teneurs en CO₂ peuvent dépasser 2 % l'été.

3.4 Localisation des stations

Trois dosimètres ont été placés le long du méandre de la partie aménagée. Le premier et troisième sont à moins d'un mètre de hauteur, alors que le second a été placé en sommet de galerie (1,80 m de haut).

3.5 Résultats (figure 1)

La durée moyenne de séjour des dosimètres a été de 118 jours, et la valeur moyenne pour l'ensemble des mesures est de 836 Bq/m³.

Lieu :	Les Combarelles		Dordogne
	Date pose / dépose	Durée séjour	Radon Bq/m ³
Station 1	27/06/02 – 17/10/02	110	140
Station 1	17/10/02 – 29/01/03	104	70
Station 1	29/01/03 - 20/06/03	142	200
Station 2	27/06/02 – 17/10/02	110	2380
Station 2	17/10/02 – 29/01/03	104	200
Station 2	29/01/03 - 20/06/03	142	1190
Station 3	27/06/02 – 17/10/02	110	1290
Station 3	17/10/02 – 29/01/03	104	260
Station 3	29/01/03 – 20/06/03	142	1800

Teneurs en Rn de la grotte des Combarelles

Les valeurs obtenues montrent d'importantes variations saisonnières possibles pour une même station, avec une amplitude pouvant atteindre 2180 Bq/m³ (station 2) entre deux saisons. Les valeurs sont par ailleurs très basses en S1 (toujours moins de 400 Bq/m³), et hétérogènes en S2 et S3 avec des teneurs

beaucoup plus élevées en été, conformément aux données de la littérature. Cela signe un renouvellement efficace de l'air de la cavité en hiver.

4 Conclusions

Le but de cette petite étude était de mettre à l'épreuve un protocole simple permettant d'évaluer les teneurs en Radon 222 et descendants en milieu karstique. La méthode employée permet cette approche, et est accessible à tout spéléologue pour un budget raisonnable. Un travail plus conséquent est d'ores et déjà en cours dans plusieurs régions karstique françaises, avec pour objectif l'évaluation du risque pour le spéléologue.

Les résultats montrent des teneurs en radon hétérogènes, très faibles pour la grotte de Font de Gaume, moyennes aux Combarelles, et importantes à La Pépie. En effet, la moyenne des grottes Belges, par exemple, est de 1000 Bq.m⁻³ (VERHEYDEN, comm. pers.), alors qu'une compilation de l'ensemble des données mondiales accessibles réalisée par HAKL et al (1997) annonce une moyenne de 2800 Bq.m⁻³. Rappelons par ailleurs que la teneur maximale recommandée dans les habitations est de 400 Bq.m⁻³ (An., 1999).

Les variations saisonnières du Rn sont également conformes aux données de la littérature, avec de plus fortes valeurs en été en raison de la diminution des échanges d'air. Les valeurs observées varient jusqu'à un rapport de 1 à 12 (Les Combarelles, station 2).

Les fortes teneurs à La Pépie pourraient s'expliquer en plus par la proximité du socle, et l'importance des remplissages.

Enfin, l'amplitude des variations saisonnières est un élément à considérer pour toute interprétation sur la toxicité du radon.

Remerciements

Cette étude n'a pu être réalisée que grâce au concours des guides des grottes des Combarelles et de Font de Gaume que je tiens à vivement remercier, de même que messieurs C. ARCHAMBAUD, G. LEVY et J.-J. CLEYET-MERLE.

5 Bibliographie

- An., 1999 : Circulaire conjointe DGS/VS 5 et DGUHC n° 99-46 du 27 janvier 1999 relative à l'organisation de la gestion du risque lié au radon. Direction Générale de la Santé.
- ARCHAMBAUD M. et C., 1997 : Les Combarelles. Fanlac éd., 31 p.
- HAKL J., HUNYADI I., VARHEGYI A., 1997 : Radon monitoring in caves. in Radon measurements by etched track detectors. Ed. Durrani & Radomir Ilic, 260-283.
- OSTERMANN J.-M., GROISARD C., 1983 : Compte-rendu des explorations dans la commune de La Chapelle Montmoreau. Bull. G3S n°5, 3-12.
- OSTERMANN J.-M., 1990 : Le gaz carbonique atmosphérique du ruisseau souterrain de La Pépie. Périgord Explo n°3 p 57-62.
- DAUBISSE P., VIDAL P., VOUVE J., BRUNET J., 1994 : La grotte de Font de Gaume. Art pariétal, protection, conservation et intervention. Fanlac éd., 48 p.
- SAUMANDE P., 1993 : La radioactivité dans les cavités naturelles (grottes et gouffres). Spéléo Dordogne 99, 15-38.
- TROMBE F., 1952 : Traité de spéléologie. Payot Ed., 375 p.
- VERHEYDEN S., 2002 : Le radon dans les grottes : quel danger pour le spéléo ? Comm. Pers. 1 p.

DISCUSSION

30 euros par mesure.

Il y a eu des mesures à la grotte Saint Paul (variations journalières) ; la documentation est à Moulis.

En Pologne, il y a de la documentation.