

Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 65 (1951-1953)
Heft: 280

Artikel: Source thermale de Lavey-les-Bains : mesure de la radioactivité des eaux de Lavey
Autor: Binggeli, E. / Haenny, C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-274366>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 05.01.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Mesure de la radioactivité des eaux de Lavey ¹

PAR

E. BINGGELI et Ch. HAENNY

Introduction.

Des radioéléments sont disséminés un peu partout dans la nature, le plus souvent en très faibles quantités. Ils se signalent à nous par leurs radiations ionisantes qui permettent de les détecter grâce à des appareils très sensibles, tels qu'électromètres, électroscopes, compteurs de Geiger et Muller, plaques photographiques, etc.

Les eaux de sources qui ont lessivé les roches sur leur passage contiennent parfois des éléments radioactifs; ceux-ci peuvent être soit des sels d'éléments radioactifs des familles naturelles, (uranium-radium, uranium-actinium, thorium) soit des gaz radioactifs issus de celles-ci (radon, actinon, thoron).

Les métaux radioactifs naturels étant des métaux lourds, les sels qu'ils peuvent former dans la nature (carbonates et sulfates) sont très peu solubles. S'ils se trouvent parfois dans les eaux radioactives, soit en dissolution, soit en suspension, leurs quantités sont toujours très petites. Ils confèrent aux eaux une activité dite *permanente*, trop faible pour être intéressante du point de vue médical. Les concentrations des sels de radium varient de 10^{-15} à 10^{-10} gr. de radium par litre.

Les gaz radioactifs dissous donnent à l'eau une activité dite *temporaire* pour deux raisons :

1° Comme pour tout gaz dissous, la quantité de gaz radioactif qui reste en solution est fonction de la température de l'eau, de son agitation, de sa surface libre, de la durée du contact avec d'autres gaz, (air), de la pression atmosphérique, etc.

2° Les périodes de ces éléments gazeux étant petites, ils disparaissent rapidement par désintégration. La moitié disparaît en 3,8 jours pour le radon, en 54 secondes pour le thoron et en 4 secondes pour l'actinon.

¹ Ce travail nous a été demandé par le Département de l'Intérieur, nous remercions le chef de ce Département d'avoir autorisé cette publication.

Les gaz radioactifs peuvent être dissous en quantités beaucoup plus considérables que les sels des radioéléments naturels; il n'y a pas de relation entre la masse de radon dissoute et celle du radium contenu dans l'eau, bien que le radium donne du radon par désintégration. La quantité de radon peut être mille fois supérieure à la quantité théorique produite par le seul radium dissous. Le thoron est beaucoup plus rare dans l'eau; il ne s'y trouve qu'en très faible concentration et nécessite pour son dosage des appareils spéciaux, du fait de sa très courte période de 54 secondes (1). L'actinon ne peut être dosé, sa période étant trop courte. Ces deux gaz se désintègrent trop rapidement pour présenter un intérêt médical.

Mesurer l'activité d'une eau revient donc en fait essentiellement à doser le radon qu'elle contient.

Unités.

La radioactivité se mesure par le nombre de noyaux atomiques qui se désintègrent par seconde. Un curie correspond à $3,7 \cdot 10^{10}$ désintégrations par seconde. Pour la radioactivité des eaux on emploie le millimicrocurie ($m\mu c = 10^{-9} c$), l'Eman ($10^{-10} c$) et souvent encore la vieille unité Mache (ME) qui vaut 0,364 $m\mu c$. Pour tenir compte du débit, on introduit la notion d'hororadioactivité, produit de l'activité d'un litre d'eau par le débit en litres par heure. Les eaux potables présentent une radioactivité de l'ordre de 0,06 $m\mu c$: l.

Mécanisme de l'acquisition de l'activité par l'eau (2).

La radioactivité de l'eau s'acquiert graduellement le long de son cheminement.

Plaçons-nous dans les conditions idéales suivantes : soit un tube AD d'un diamètre constant dont les parois entre A et B contiennent du Ra à une concentration uniforme, parcouru par un courant d'eau qui le remplit complètement et dont la vitesse est constante, ce qui correspond à un débit I.

La longueur du tuyau parcouru est proportionnelle au temps mis à la parcourir. Le Ra donne du radon par désintégration, la vitesse de formation du radon est constante pour une masse de radium donnée (en première approximation). Ce radon se dissout dans l'eau en lui conférant une activité A_t au temps t , activité proportionnelle à sa masse.

L'eau acquerra donc de l'activité d'une façon constante entre A et B (par dissolution du radon); elle perdra par ailleurs de l'activité (par désintégration du radon) proportionnellement à la quantité de radon dissous A_t ; par conséquent, dès que son activité sera suffisamment grande, la quantité de radon

perdu par unité de temps sera égale à celle acquise pendant le même temps, et l'activité totale restera constante.

Activité acquise par unité de temps : $\frac{dA_1}{dt} = K$ (constante)

Activité perdue par unité de temps : $\frac{dA_2}{dt} = -\lambda A_t$

$\lambda =$ constante de désintégration du radon.

Activité totale, restante, par unité de temps :

$$\frac{dA_1 + dA_2}{dt} = K - \lambda A_t$$

Pour une valeur limite A_{lim} , $dA_1 = -dA_2$; $K = \lambda A_t$; $\frac{dA_t}{dt} = 0$

Cette valeur limite A_{lim} sera pratiquement atteinte pour le radon, après 25 jours de circulation dans l'espace émanateur du tuyau. Sur la figure 1 (2), cette valeur limite est atteinte au

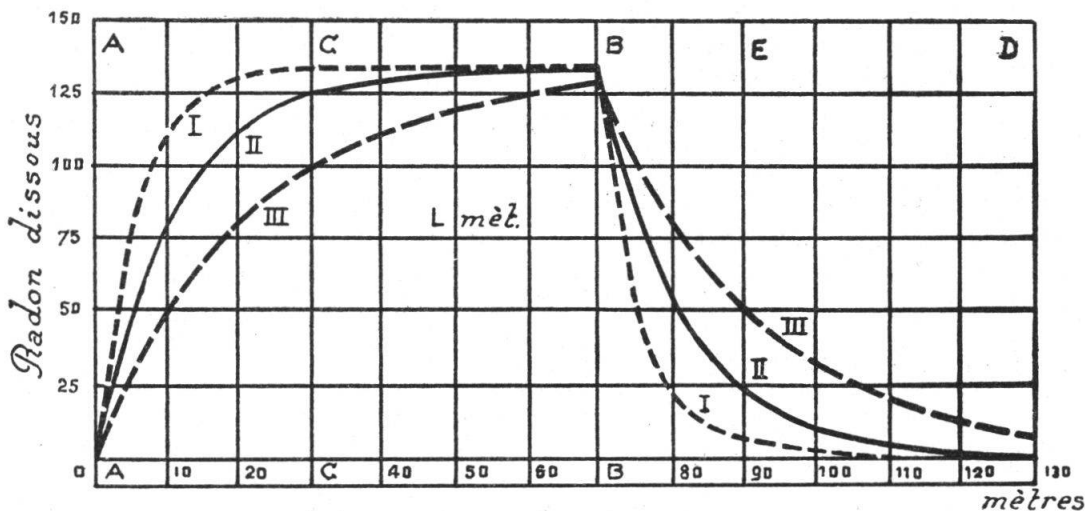


FIG. 1. — Courbes d'Oguilvie.

point C de la courbe I, après un parcours de 30 mètres dans le tuyau (correspondant à 30 jours). De C à B l'activité reste constante. A partir de B, l'eau entrant dans la zone inactive du tuyau, la perte d'activité par désintégration n'est plus compensée et l'activité de l'eau décroît suivant la loi exponentielle :

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t}$$

L'origine des temps étant maintenant prise en B.

25 j. après la sortie de la zone active tout le radon aura pratiquement disparu; il n'en restera que 1 %.

Considérons un débit plus grand que I (donc vitesse de l'eau plus grande); l'activité limite sera atteinte après le même temps (correspondant à un long parcours dans le tuyau). Par contre, dans la zone d'affaiblissement l'eau cheminera plus loin avant d'avoir perdu toute l'activité (au bout de 25 jours comme pour I).

Enfin, si le débit est suffisamment grand (courbe III), l'eau atteindra la fin de la zone active avant d'avoir acquis l'activité maximum.

OGUILVIE tire de cette étude les conclusions suivantes pour le captage des sources : si une source atteint l'activité maximum avant la fin de l'espace émanateur, (cas I), une augmentation de son débit utilisera cet espace d'une façon plus complète, (cas II) et produira ainsi à l'émergence, point E, une quantité d'eau plus grande, et de radioactivité spécifique plus forte. Si l'eau n'atteint pas l'activité maximum à la fin de l'espace émanateur, (courbe III), une augmentation du débit diminuera la radioactivité à un point d'émergence B, mais l'augmentera à un point d'émergence E.

Ces considérations doivent être bien pesées avant de modifier le débit d'une source radioactive.

L'activité des sources profondes est généralement constante; les faibles variations observées sont souvent saisonnières. Les sources les plus radioactives sont généralement les plus froides, ce qui se comprend étant donné que la solubilité d'un gaz est d'autant plus grande que la température est plus basse.

*Méthode de mesure*¹.

Le problème consiste à doser la quantité de radon dissous dans l'eau de la source.

La méthode de mesure décrite ici, due au professeur A. LÉPAPE (3), est celle mise en œuvre au Collège de France.

La figure 2 indique schématiquement les divers appareils utilisés :

1. Bec Bunsen.
2. Ballon de 3 litres, préalablement vidé d'air; rempli de l'eau de la source, au griffon, par aspiration; fermé hermétiquement à cet instant, dont on a noté l'heure. Ce ballon transporté au Laboratoire est relié (tout en restant fermé) au réfrigérant 3, par un tube de caoutchouc.

¹ Nous exprimons nos remerciements au professeur A. Lepape, directeur du Laboratoire de chimie physique appliquée à l'Hydrologie et à la Climatologie, du Collège de France, ainsi qu'à son assistant M. M. Geslin, qui ont bien voulu aimablement nous initier à ces mesures délicates.

4.6. Tubes desséchants.

5. Cloche d'aspiration des gaz, sur la cuve à Hg; reliée par un robinet à trois voies au ballon d'une part, au cylindre de l'autre.
7. Tube rempli de KOH pour retenir le CO_2 qui fausserait la mesure.
8. Electroscope monté sur un cylindre de 3 l. vidé d'air avant l'expérience.

On met le ballon 2 en communication avec le réfrigérant 3 et on chauffe l'eau; les gaz dissous se dégagent, sont recueillis sur la cuve 5 et envoyés dans le cylindre 8 lorsque la cloche est pleine, par le jeu du robinet à trois voies.

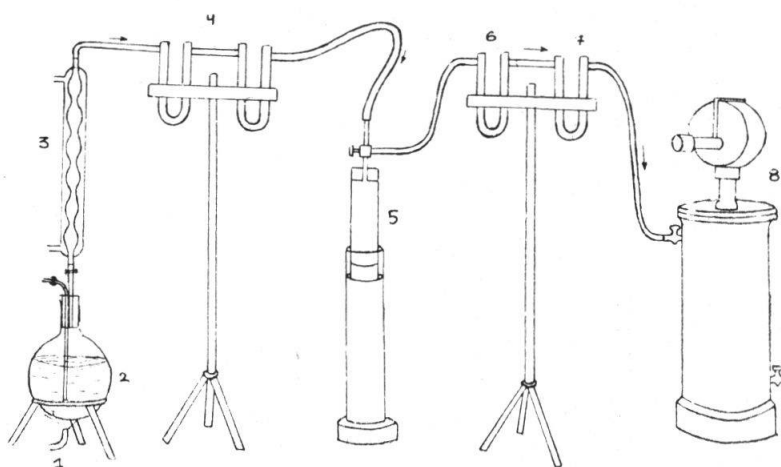


FIG. 2. — Dispositif utilisé pour l'extraction du radon et la mesure de l'ionisation ¹.

Après 10 minutes d'ébullition, on laisse rentrer l'air dans le ballon par le tube qui plonge jusqu'au fond; cet air entraîne le reste du radon dissous. Les volumes de gaz recueillis sous la cloche 5 sont aspirés par le cylindre 8 comme précédemment. Lorsque la pression dans le cylindre est à peu près égale à la pression atmosphérique et ne peut plus provoquer d'aspiration, on ferme le robinet d'admission du cylindre et on note l'heure. La mesure électrométrique interviendra 3 à 4 heures plus tard.

Nous avons employé un électroscope de Curie. En chargeant l'électroscope et la tige de déperdition qui en est solidaire (figure 3), on crée un champ électrique entre cette tige et le cylindre. Les ions sont attirés par chaque électrode et l'électroscope perd peu à peu sa charge par neutralisation.

¹ Nous remercions la rédaction des *Annales Guébbard-Séverine* qui a bien voulu mettre à notre disposition les clichés 2, 3 et 4 tirés du mémoire de MM. M. GESLIN et D. CHAHNAZAROFF (*loc. cit.*).

Le courant d'ionisation produit par le radon dans le cylindre 8 est proportionnel à la quantité de radon; le problème revient à mesurer ce courant d'ionisation.

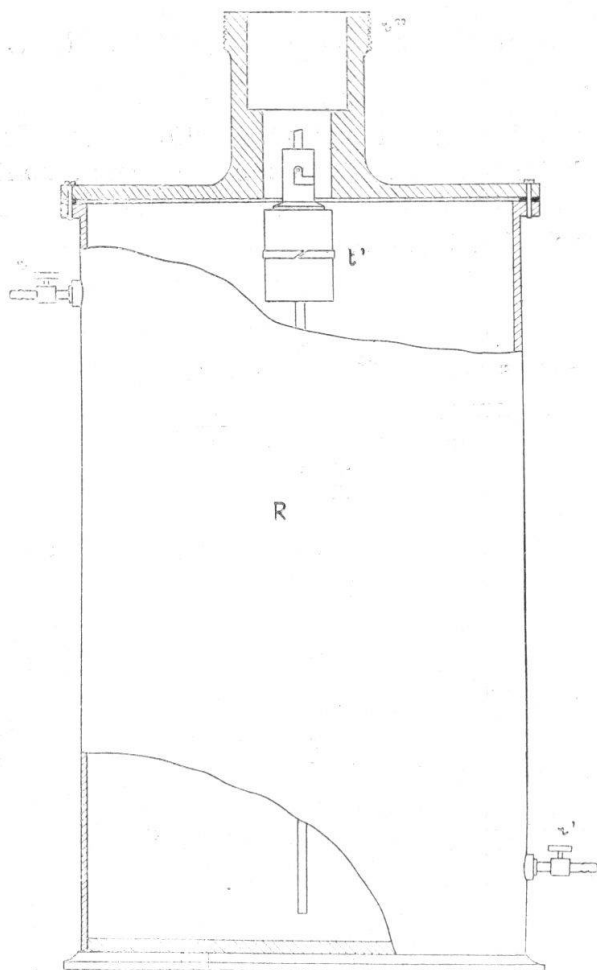


Fig. 5.

Coupe du cylindre dans lequel est introduit le radon.

La feuille d'aluminium F (fig. 4) s'écarte de son support sous l'effet d'une charge apportée par t ; le courant d'ionisation passant par la tige de déperdition décharge la feuille; on observe la chute de la feuille à l'aide du microscope M pourvu d'un micromètre.

La vitesse *moyenne* de chute de la feuille est proportionnelle au courant d'ionisation. La feuille tombe lentement lorsque le cylindre est rempli d'air sec ordinaire, sous l'action de la radioactivité du sol et des matériaux voisins, des rayons cosmiques, de défauts d'isolation, etc.; c'est ce qu'on appelle *la fuite spontanée*. Il faut en tenir compte lors de la mesure.

L'électroscope monté sur le cylindre est étalonné une fois pour toutes. Nous nous sommes servis pour cela de deux étalons. Un

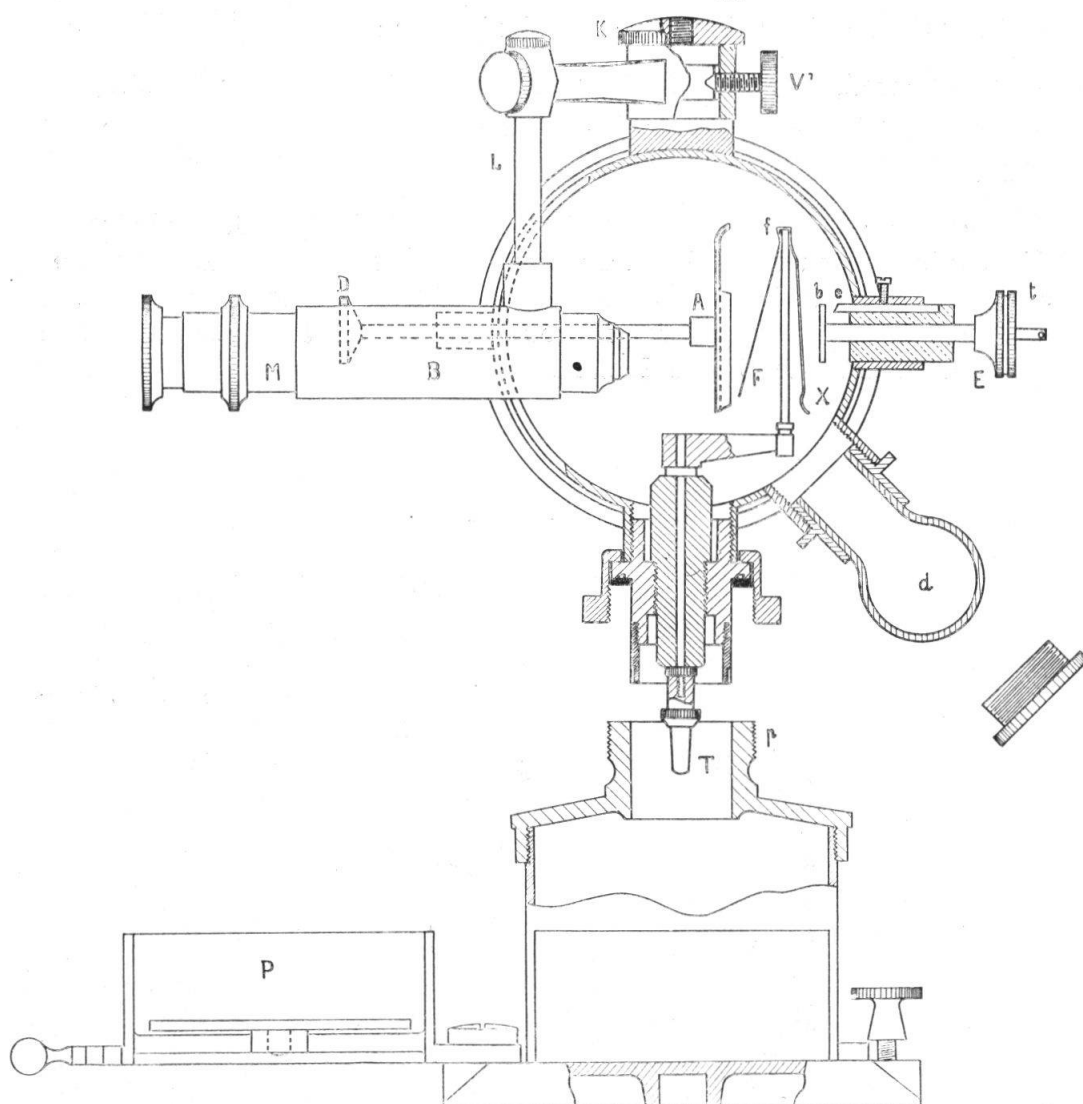


FIG. 4. — Schéma de l'électroscope de Curie (mod. Cheneveau-Laborde).

premier a été constitué par un disque d'oxyde d'uranium étalonné lui-même au Laboratoire de Chimie Physique appliquée à l'Hydrologie et à la Climatologie du Collège de France. Un second nous a été fourni par le Laboratoire Curie à Paris, sous la forme d'un carbonate de radium en dose connue dilué dans du carbonate de baryum préparé par Marie Curie.

Nous avons préparé des solutions contenant des quantités connues de Ra et partant des quantités également connues de radon. Les résultats obtenus sont en accord à 5 % près.

Si on appelle f la fuite spontanée, et v la vitesse de chute de la feuille avec le radon étalon, on sait qu'à la vitesse $(v-f)$ correspond K m μ c de radon. Si le radon à doser donne une vitesse de chute de

V, la quantité de radon sera exprimée par : $\frac{K(V-f) \text{ m}\mu\text{c.}}{v-f}$ Pour notre appareil, K vaut 20,0 m $\mu\text{c.}$ En pratique, $v-f$ est déterminé avant chaque mesure à l'aide d'un étalon secondaire formé d'une source gamma placée au voisinage du cylindre, dans une position bien définie.

Le radon chassé par ébullition et recueilli dans le cylindre de déperdition se met en équilibre avec les produits de désintégration à vie courte, RaA, RaB, RaC (voir tableau I) qui donnent lieu également à un courant d'ionisation; le courant total est maximum après un temps de 3 à 4 heures.

Tableau I
Produits de désintégration du Radium.

	Périodes	Eléments chimiques
Ra	1590 ans	Ra
↓ α		
Rn	3,82 jours	Rn
↓ α		
RaA	3,05 minutes	Po
↓ α		
RaB	26,8 minutes	Pb
↓ β		
RaC	19,7 minutes	Bi
$\alpha \swarrow \quad \searrow \beta$ Tl 1, 32 m. RaC'' RaC'	1,5 10 ⁻⁴ secondes	Po
$\beta \swarrow \quad \searrow \alpha$ RaD	22 ans	Pb
↓ β		
RaE	5,0 jours	Bi
↓ β		
RaF (Po)	140 jours	Po
↓ α		
RaG	stable	Pb

La mesure se fait donc 3 à 4 heures après l'introduction du gaz dans le cylindre. Les mesures à l'électroscope sont délicates, on prend la moyenne de 20 mesures.

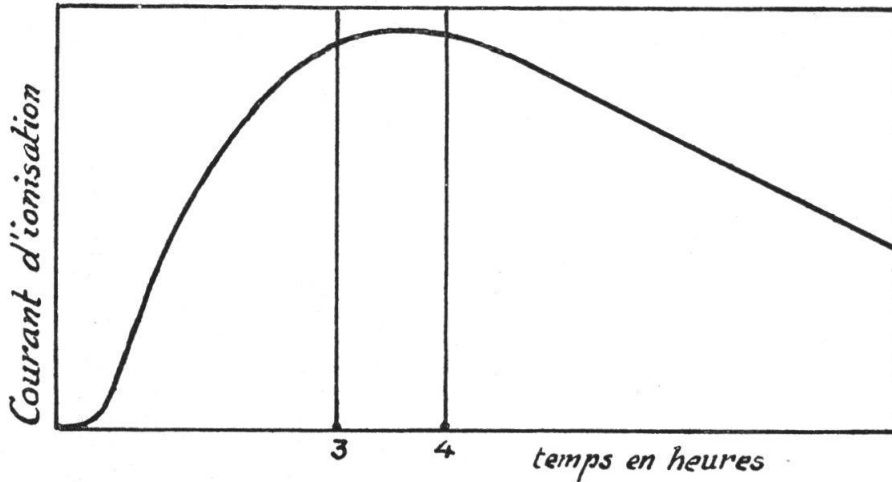


FIG. 5. — Courbe des quatre substances (4). — Variation de la radioactivité du radon et de son dépôt actif à évolution rapide (RaA, RaB, RaC), en fonction du temps.

Corrections.

Il faut apporter un certain nombre de corrections à la valeur mesurée pour avoir l'activité réelle de l'eau à la sortie du griffon. La principale est due à l'âge de l'eau, c'est-à-dire au temps qui s'est écoulé entre le moment du prélèvement de l'eau et celui de la mesure; pendant ce temps une partie du radon a disparu par désintégration. Il est nécessaire de ramener l'activité mesurée au temps zéro, c'est-à-dire au moment du remplissage du ballon à la source. Le calcul est effectué de la manière suivante :

soit $t =$ Age de l'eau = temps compté entre le prélèvement et la mesure.

A_t	Activité mesurée au temps t .
A_0	Activité cherchée au temps zéro.
λ	Constante de désintégration du radon.

$$A_t = A_0 e^{-\lambda t} : \quad A_0 = A_t / e^{-\lambda t}$$

Exemple : Age $t = 1$ jour 8 heures = 32 heures
 $e^{-32\lambda} = 0,785$

Après 32 heures, il reste les 785 millièmes du radon présent au moment de l'émergence. $A_0 = A_t / 0,785$.

Il faut tenir compte en outre de la pression barométrique, le courant d'ionisation dans le cylindre étant fonction de la pression.

Cette correction est généralement moins importante que la précédente. D'autres corrections encore, ainsi que des précautions spéciales doivent être prises pour obtenir des valeurs reproductibles; nous n'en ferons pas mention ici.

Résultats.

Le résultat de nos mesures est donné dans le tableau II avec une précision que nous estimons de l'ordre de 3 %¹.

Tableau II
Résultat des mesures. Mai-Juin-Juillet 1951

Griffons No	Activité m μ c/l	Température moyenne °C	Débit en litres	Activité du griffon m μ c/min
1	4,4	47,5	11	48
2	4,7	44	10	47
3	6,4	43	4,5	29
4	7,1	37,5	40	284
5	6,2	41,5	5,4	33

Activité moyenne : 6,1 m μ c/l Température moyenne : 41° C.
 Activité à la Buvette : 6,0(4) m μ c/l
 hororadioactivité 26 000 m μ c/h

Nous constatons que l'activité par litre d'eau de la Buvette, qui provient de l'ensemble des griffons, est en bon accord avec la valeur moyenne calculée à partir de l'activité et du débit de chaque griffon.

Signalons qu'en 1908, pour la source de Lavey, SARRASIN, GUYE et MICHELI (5) ont obtenu par une autre méthode, une valeur moyenne de 4,1 m μ c par litre.

Afin de situer la radioactivité des eaux hyperthermales de Lavey, nous indiquons dans le tableau III la radioactivité des eaux de Lavey et celle des eaux de quelques stations suisses (6).

Seules les sources qui contiennent plus de 1,8 m μ c/l peuvent être considérées comme radioactives. Mais nous indiquons également des sources ne présentant pas cette radioactivité.

On en conclut que les sources de Lavey sont les secondes de Suisse pour l'importance de leur activité, mais les premières parmi les sources thermales et hyperthermales.

¹ Ces mesures ont été faites en se référant au disque d'oxyde d'uranium.

Tableau III
Sources froides.

Situation		Température	m μ c
St. Placidus, Disentis	(Gr.)	7,5° C.	17,3
San Bernardino	(Gr.)	8,25° C.	2,1
Wildegg	(Ag.)	11,2° C.	1,6
Solis	(Gr.)	8,1° C.	3,0

Sources thermales.

Acquarossa	(Ti.)	25,3° C.	1,9
Ragaz et Pfäfers	(Sg.)	36,9° C.	0,28
Vals	(Gr.)	25,1° C.	0,2
Schinznach-Bad	(Ag.)	34,3° C.	1,6
Weissenburg-Bad	(App.)	26,5° C.	0,5
Yverdon	(Vd)	24° C.	0,3

Sources hyperthermales.

Baden	(Ag.)	46,9° C.	0,1
Lavey-les-Bains	(Vd)	41° C.	6,1
Louèche-les-Bains	(Vs)	50,85° C.	0,24
Zurzach	(Ag.)	38,25° C.	1,4

Pour terminer, le Tableau IV indique quelques sources hyperthermales étrangères parmi les plus radioactives.

Tableau IV

Radioactivité de sources hyperthermales étrangères.

(Extrait du livre de MARIE CURIE: Radioactivité Hermann et C^{ie}, Paris, 1935.)

La Bourboule, S. Chauny (France)	54,8° C.	20,5	m μ c/l
Bath, Kings Well (Angleterre)	50° C.	1,73	»
Gastein, S. Elisabeth (Autriche)	46,7° C.	53,3	»
Ischia, S. romaines (Italie)	57° C.	135,5	»
Lower Geyser Basin, Firchole Lake, USA	85° C.	0,29	»
Arima, Irino-Yu (Japon)	53,4° C.	0,08	»

REFERENCES

1. R. DUCHON. — *J. de Phys. Rad.* (8.VII.1937). p. 285. Thèse, Paris, N° 2808, série A (1941).
 2. A. OGUILVIE. — *Ann. Inst. Hydr.* V. 1, (1927).
 3. A. LEPAPE. — *Ann. Inst. Hydr.* III, 1, 195 (1925). 3, 157 (1925).
A. LEPAPE et Coll. — *Ann. Inst. Hydr.* II (1924), III (1925), V (1927), VII (1930), X (1938), XII (1939), XV (1943), XVIII (1947) et (1936), p. 123.
M. GESLIN et D. CHAHNAZAROFF. — *Ann. Guébbhard-Séverine*, 9^e ann., p. 312 (1933).
 4. M. CURIE. — Radioactivité. Ed. Hermann, Paris (1935), p. 185-198.
E. BINGGELI. — Laboratoire de Chimie-Physique et Recherches Nucléaires, Lausanne. Séminaire privé, 27.11.50, p. 17-23.
 5. SARRASIN, GUYE et MICHELI. — *Ann. Sc. Phys. et Nat.* 25, 36 (1908).
 6. Die Mineral und Heilquellen der Schweiz, Ed. 1937. (Herausgegeben vom Schweizerischen Verein analytischer Chemiker des Eidgenössischen Gesundheitsamts und der Schweizerischen Gesellschaft für Balneologie und Klimatologie).
-

La composition chimique de l'eau thermale de Lavey-les-Bains

PAR

Emile MATTHEY

Depuis que l'Etat de Vaud acquit en 1928 l'Etablissement thermal de Lavey-les-Bains, le Laboratoire cantonal a été amené à procéder à des contrôles de cette eau au point de vue chimique et plus rarement au point de vue bactériologique.

Une première grande analyse exécutée en 1928 et libellée sous forme ionique montre les différents éléments qui tous concourent dans des proportions diverses à établir les caractéristiques de cette eau.

<i>Constituants de l'eau minérale.</i>		mg/l
Ammonium	NH ₄ ⁺	0,32
Lithium	Li ⁺	2,08
Sodium	Na ⁺	275,50
Potassium	K ⁺	5,57
Calcium	Ca ⁺⁺	51,68
Strontium	Sr ⁺⁺	1,08
Magnésium	Mg ⁺⁺	8,93
Fer	Fe ⁺⁺	traces
Aluminium	Al ⁺⁺⁺	traces
	Somme des cations	345,16
Chlorures	Cl ⁻	181,0
Sulfates	SO ₄ ⁻⁻⁻	422,70
Sulhydrates	HS ⁻	1,18
Hydrocarbonates	HCO ₃ ⁻	112,12
	Somme des anions	716,99
Acide métasilicique	H ₂ SiO ₃	62,46
Matières organiques		23,8
	Total	1148,41