

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG
FACULTÉ DES SCIENCES

ANNALES
de l'Institut de Physique du Globe
1937

Publiées sous la direction de
E. ROTHÉ
Directeur de l'Institut et du Bureau Central Séismologique

NOUVELLE SÉRIE
TOME II

TROISIÈME PARTIE
GÉOPHYSIQUE

MENDE
IMPRIMERIE G. PAUC
PLACE URBAIN V
1940

Sur le choix des stations séismologiques et le programme d'études à poursuivre

Note présentée au Congrès des Sociétés savantes d'Alger* (1930)

par E. Romé

Au cours des sessions de 1925 et de 1927, j'ai appelé l'attention du congrès des Sociétés Savantes sur la manière de perfectionner, dans notre pays, les observations des séismes sensibles à l'homme, et aussi sur la publication d'une histoire des tremblements de terre en France, à laquelle les diverses Sociétés Savantes pourraient apporter une collaboration utile. Le grand nombre des perturbations séismiques qui ont l'Algérie pour théâtre, m'engage à présenter encore cette année, à la session d'Alger, une communication d'ordre géographique.

Il y sera question, cette fois, non pas des observations *macroséismiques*, mais des inscriptions *microséismiques* des observatoires dont l'importance ne saurait échapper aux membres de ce congrès. C'est en effet, l'examen attentif des séismogrammes qui constitue l'unique moyen dont nous disposons pour faire progresser les connaissances humaines sur la constitution du globe terrestre aux profondeurs inaccessibles.

Les idées relatives à l'état du noyau central ont eu une fortune singulière : tous les géophysiciens connaissent la théorie des marées internes, dont le principal promoteur fut l'un des pionniers de la séismologie, Alexis Perrey (1), professeur à la Faculté des Sciences de Dijon, hypothèse à laquelle s'intéressèrent les savants de l'Académie et notamment Elie de Beaumont. La température de l'intérieur du globe dont personne ne nie le degré élevé, faisait croire à la fluidité du noyau, à une époque où les divers états de la matière, et surtout la continuité de ces états, n'étaient pas encore bien connus. Si, sous l'écorce, le globe était formé d'une masse fluide, cette masse devait subir, sous l'action des astres, des marées internes invisibles, comme en subit de visibles l'Océan marin. Relier ces marées à la production des séismes devenait à cette époque une conclusion logique. Les progrès de la thermodynamique ont ruiné cette hypothèse et levé en même temps la contradiction flagrante qui frappa l'esprit des théoriciens : comment l'écorce qui ne possède pas la rigidité nécessaire de l'acier, aurait-elle pu résister à l'effort de ces marées que le calcul faisait apparaître considérable. C'est Lord Kelvin (2), qui à la suite des expériences qu'il réalise avec l'aide de son frère James Thomson, à l'appui des travaux de Bunsen sur le point de fusion des diverses catégories de corps, appelle l'attention sur le fait que, si la température est élevée, la pression est considérable, et alors l'application des principes de l'énergie et de l'entropie, la formule de Clapeyron-Thomson conduisent à la conception d'un noyau non pas fluide, mais possédant une rigidité comparable à celle des corps solides.

Ces idées sur la constitution du globe ont été classiques jusqu'à ces derniers mois. Les faits nouveaux ne les infirment pas, mais nous obligent à préciser la nature physique de ce noyau.

On sait, par la mécanique, et on vérifie par l'observation, que, lors des séismes, deux genres d'ondes prennent naissance au voisinage de l'épicentre : des ondes longitudinales et des ondes transversales. Ces dernières ne se produisent d'ailleurs que dans les milieux doués d'une rigidité convenable ; dans les fluides parfaits, seules les ondes longitudinales se propagent. Or, l'observation montre, que des séismographes installés non loin de l'antipode, soit environ 18.000 kilomètres de distance épicyentrale recueillent de nombreuses ondes de diverses sortes, ayant passé à travers le noyau, d'autres, réfléchies à la surface de la terre, etc... Certains trajets sont suivis sous forme d'ondes longitudinales, d'autres sous forme transversale. Je citerai, à titre d'exemple,

* Par suite d'un concours de circonstances, les comptes rendus de ce congrès n'ont pas été publiés par l'imprimerie nationale.

les ondes à quatre trajets partiels, $\overline{P_4P_cP_cP}$, $\overline{S_4P_cP_cS}$. (réflexion), $\overline{S_4P_cSP}$ (réfraction), à trois branches, P_3P_cP , S_3P_cS (passage direct) mais jamais jusqu'à présent on n'a recueilli d'ondes ayant traversé le noyau sous forme transversale*.

On doit donc conclure de là, que les ondes longitudinales seules traversent le noyau central, c'est-à-dire que celui-ci au point de vue de la propagation des ondes se comporte comme un fluide.

Un physicien japonais, M. Imamura, (3) a construit récemment un séismographe à très longue période, avec lequel il réussit à inscrire des tremblements de terre de distance épicoentrale élevée (17.000 kilomètres) et il a ainsi mis en évidence de très longues ondes de période de une minute, de deux minutes et davantage, qui d'après lui seraient inhérentes au noyau central terrestre, et en rapport avec sa constitution spéciale. Les appareils à courte période ne peuvent les manifester.

Tels sont les faits récemment découverts, constituant un des grands progrès de la séismologie, et sur lesquels il importerait de travailler dans les divers observatoires. Toutefois, et c'est là le point auquel j'arrive et sur lequel je voudrais insister dans cette communication, l'étude de ces phases diverses est très délicate, et il conviendrait de pouvoir éliminer, d'une manière aussi complète que possible l'effet des vibrations propres du sous-sol de la station qui peuvent masquer ou déformer les phénomènes.

Sans doute, l'influence de l'hétérogénéité du sol, de la géologie de la région où sont établis les observatoires n'a pas échappé à nos devanciers : les bulletins séismologiques indiquent cette constitution géologique. Comme l'a dit Gutenberg (4), qui paraît partager sur ce point mon opinion, il y a lieu de se demander quel sol convient le mieux à l'établissement d'un observatoire, sol humide, sillonné de cours d'eau, ou sol rocheux, dans lequel l'amortissement est rapide. Il faut en tout cas éviter les résonances, les mouvements vibratoires propres excités au passage de l'onde comme est excitée l'oscillation d'un pendule par choc. Dans certaines stations comme Ueckle, Göttingen, Zurich, les impetus semblent beaucoup plus nets qu'à Strasbourg sur des inscriptions provenant d'instruments semblables. On peut affirmer que le sol convient d'autant mieux qu'il vibre d'une manière plus amortie. Les amplitudes dépendent aussi du sous-sol et à chaque station d'observation doit correspondre un facteur de sous-sol dont le rôle est encore peu connu. Si on mesure les amplitudes du mouvement vertical et du mouvement horizontal, leur rapport $\frac{AH}{AZ}$ est la tangente de l'angle apparent d'émergence. Cet angle dépend du sous-sol et de la manière dont les instruments sont installés : au congrès de Madrid de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale, le Directeur de l'Observatoire de Cartuja Granada; le P. Neumann (5) a mis en évidence l'influence des piliers sur lesquels on a l'habitude d'installer les instruments.

Sans doute, aussi longtemps que les observatoires n'étaient en quelque sorte que des témoins de statistiques, aussi longtemps même qu'ils se contentèrent de noter l'heure de début des principales phases classiques, la constitution du sol avait une importance secondaire, mais aujourd'hui ce sont les détails des inscriptions qui intéressent le savant, parce que ce sont eux qui permettent la distinction des phases précitées ; le développement des maximums, le sens des vibrations des ondes de Love ou de Rayleigh, les formes des longues ondes postérieures exigent une fidélité de reproduction telle que les vibrations propres de la couche supérieure de l'écorce, si l'on peut dire de la couche constituée par la base même de la station, prennent une importance fondamentale.

Quelque temps avant sa mort, le célèbre séismologue Prince Galitzine (6), surpris de voir qu'en des stations plus proches de l'épicentre, ces phases remarquables ne sont pas inscrites, attribuait ces vibrations intenses à des mouvements des couches géologiques voisines. J'ai émis dans une autre publication une hypothèse sur l'origine des maximums (7). Mais, quelle qu'en soit la cause, il importe de les inscrire sans perturbations.

Ces quelques exemples suffisent à montrer l'importance que présenterait une étude comparative approfondie des terrains propres à l'établissement d'un observatoire séismologique. Voici, à mon avis, quel programme il conviendrait de suivre.

Des instruments galvanométriques Galitzine (longues ondes) et mécaniques (ondes courtes) aussi identiques que possible seraient installés à des distances aussi faibles que possible, mais sur des terrains nettement différents, alluvions, trias, éocène, terrain granitique ou éruptif ; après

* L'indice c indique le passage dans le noyau central ; les traits indiquent qu'il y a eu réflexion ou réfraction sur la surface interne du noyau.

un nombre suffisant d'inscriptions on procéderait ensuite à la comparaison des diverses phases des tremblements de terre les plus importants et d'épicentres connus. Ces mêmes instruments pourraient aussi être utilisés pour la comparaison de l'agitation microsismique, et de cet examen résulterait peut-être la solution du problème que se posent depuis vingt ans tous les sismologues, la découverte de la raison pour laquelle le mouvement microsismique est si important dans certaines stations, telle que Strasbourg. Lors des grandes tempêtes dues aux dépressions, les énormes amplitudes inscrites à Strasbourg sont-elles dues partiellement à la nature du sous-sol ou s'agit-il d'une résonance particulière en relation avec la tectonique et la géographie physique? (Vallée du Rhin).

Lorsque l'influence du sous-sol aurait été étudiée, les diverses stations précédentes seraient démontées et réinstallées sur une ligne de trajet connu, par exemple un fragment de la ligne Strasbourg-Kouriles, Pune et l'autre à des distances de l'ordre de 30 à 50 kms. Si comme je le suppose, les maximums qui apparaissent dans les ondes de Rayleigh sont dus à un phénomène d'interférences, ils apparaîtront en certaines stations pour s'atténuer ou disparaître totalement dans d'autres; s'il s'agit au contraire d'une phase véritable issue d'un épicentre primaire ou secondaire mais bien défini et se propageant à vitesse constante, on aura grâce à ces stations la possibilité de suivre les ondes individuelles de proche en proche et d'en mesurer la vitesse de propagation.



L'exécution de ce programme n'exigerait que de faibles dépenses, la réalisation d'une demi-douzaine d'instruments. Pour leur installation on utiliserait des caves de bâtiments publics, écoles, collèges, mairies, etc... Les réseaux électriques et la diffusion de la T. S. F. permettraient une mesure de temps suffisamment précise. Quant au personnel, il ne serait pas impossible de trouver des observateurs bénévoles parmi les membres des Sociétés Savantes des départements auxquelles cette communication est adressée.

Des questions analogues ont été traitées au cours de la 7^{me} Conférence de l'Union géodésique et géophysique (Association sismologique) tenue à Washington du 4 au 15 septembre 1939; les lecteurs voudront bien se reporter aux procès verbaux des séances publiés en langue anglaise et en langue française.

E. R.

(1) A. PÉREY (1807-1882) par E. Borné et H. Gobron. Extrait des Mémoires de l'Académie des Sciences, Arts et Belles-Lettres de Dijon.

(2) LORD KELVIN (W. Thomson). Natural philosophy, 2^e partie, 1877. On the rigidity of the Earth (Mathematical and physical Papers, Sir W. Thomson, Brit. Assoc. Report, 1876).

(3) A. IMAMURA : Further Note on Seismic Observations with Long Period Horizontal Pendulums (Proceedings of the Imperial Academy).

(4) B. GUTENBERG : Lehrbuch der Geophysik, Gebrueder Borntraeger, Berlin.

(5) P. NAVARRO NEUMANN : Mouvement du sol d'origine extra-sismique en général. Union Géodésique et Géophysique Internationale, Section de Sismologie. Comptes Rendus des séances de la deuxième conférence réunie à Madrid en 1924.

(6) Prince GALITZINE : Comptes rendus des séances de la Commission sismique permanente, t. V livr. 3, VII livr. 2, en particulier : Zur Frage der Bestimmung der Herdtiefe eines Bebens und der Fortpflanzungsgeschwindigkeit der seismischen Wellen in den oberen Erdschichten.

(7) E. BORNÉ : Note presented to the Pan-Pacific Congress of October 1926 : Sur la nature des maximums inscrits dans les sismogrammes (Comptes rendus de l'Académie des Sciences, t. 163 pp. 136-139, 1926). — Sur la production des maximums dans les inscriptions sismographiques. — Cas des épicentres océaniques. Gerlands Beit. z. Geoph. 1931, t. 34, p. 109-122. (Koppen Bd II).

Dispositif destiné à l'étude des couches basses de l'ionosphère et de leurs relations avec les éléments météorologiques

par R. LECOLAZET, assistant à la Faculté des Sciences (Institut de Physique du Globe)

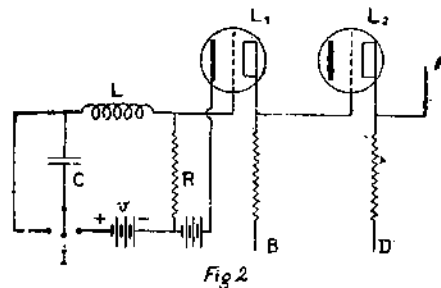
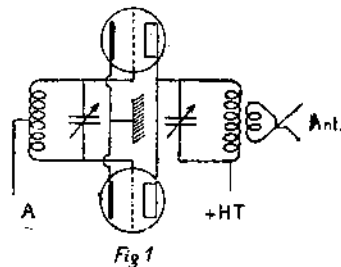
Sur les conseils de M. E. Rothé, je me suis proposé d'étudier les relations pouvant exister entre les couches basses de l'ionosphère et les éléments météorologiques et, dans cette intention, j'ai imaginé un dispositif assez complexe dont l'achèvement a été interrompu par la guerre. J'en décrirai ici les parties principales en insistant seulement sur celles d'entre elles qui se différencient des appareils déjà existants en raison même du but à poursuivre.

La partie essentielle réside en l'émission, à intervalles égaux, d'un train d'ondes électromagnétiques d'une durée extrêmement courte, de l'ordre de $1/150.000$ s. Il importe en effet, si l'on veut déceler les couches basses et mesurer avec quelque précision leur hauteur, d'utiliser un signal très bref.

L'émission régulière d'un signal d'une telle durée est impossible au moyen de dispositifs mécaniques tels que contacteurs tournants ou autres. Le dispositif que j'ai conçu et qu'on pourrait dénommer contacteur électronique satisfait aux conditions posées.

La figure 1 représente le schéma simplifié du dernier étage de l'émetteur. Il est équipé de deux lampes à caractéristiques identiques, disposées suivant le montage dit « push-pull doubleur ». Le point milieu A de la bobine de self-induction de grille doit être porté, pour le fonctionnement dit en classe B, sans courant grille, à un potentiel négatif $-V_0$ par rapport aux cathodes mises à la masse. L'amplitude de la tension alternative imposée à chaque grille étant V (inférieure à V_0), si l'on porte le point A à un potentiel inférieur à $-(V_0 + V)$, il y aura arrêt de l'émission.

Ainsi, si A est normalement au potentiel $-(V_0 + V + V_1)$, V_1 étant positif et s'il est porté, périodiquement et pendant $1/150.000$ s. à $-V_0$, il y aura émission périodique d'un train d'ondes d'une durée de $1/150.000$ s.



Cette variation du potentiel du point A est réalisée par l'emploi du montage dont la figure 2 reproduit le schéma élémentaire.

Deux lampes L_1 et L_2 sont montées en amplificateur à courant continu. La lampe L_1 est polarisée de telle sorte qu'il faille une augmentation de v_1 volts du potentiel de sa grille pour faire apparaître le courant plaque. La lampe L_2 , au contraire, est normalement polarisée en amplificatrice et il faut une diminution v_2 du potentiel de sa grille pour annuler son courant plaque. Nous admettons dans ce qui suit que les caractéristiques (potentiel grille — courant plaque) de chaque lampe sont rectilignes et que leur coefficient d'amplification dynamique de tension est constant et égal à k_1 et k_2 respectivement. Ces approximations n'entraînent en effet, comme il est facile de le voir, qu'une faible erreur sur le résultat final.

Le potentiel de la grille L_1 est fixé par le courant passant dans une résistance R insérée dans

un circuit comprenant une bobine de self-induction L et un condensateur C (fig. 2). Les valeurs de C , L , R sont calculées de telle sorte que le circuit soit à l'amortissement critique. Par le jeu du contacteur I , le condensateur peut être

- 1° mis en charge sur une batterie de f. é. m. v ,
- 2° mis en court-circuit.

Nous dirons dans le premier cas que I est fermé, dans le second, qu'il est ouvert.

Alors que C ne possède aucune charge, supposons que l'on ferme le contacteur. Le potentiel de la grille de L_1 varie alors en fonction du temps suivant la loi bien connue des circuits à l'amortissement critique, selon le graphique de la figure 3. Dès que ce potentiel atteint v_1 le courant plaque de L_1 primitivement nul commence à croître et le potentiel de cette plaque varie, à partir de sa valeur primitive suivant le graphique de la figure 4.

Dès que la variation atteint $-v_2$, le courant plaque de L_2 qui diminuait s'annule et le potentiel de cette plaque varie à partir de sa valeur primitive v_0 suivant le graphique de la figure 5.

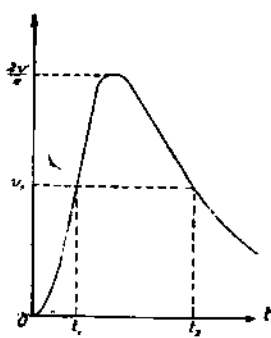


Fig 3

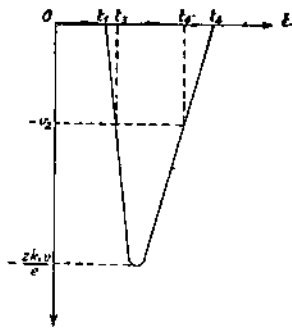


Fig 4

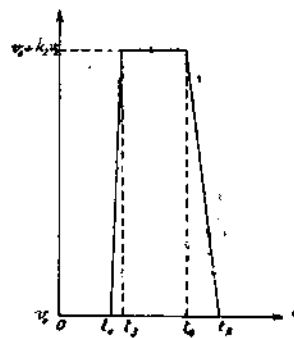


Fig 5

La plaque de L_2 est réunie au point A précédemment cité. Il est facile de choisir les lampes L_1 , L_2 et les différentes tensions appliquées à leurs électrodes ; v , V_1 et les caractéristiques du circuit amorti pour que :

- 1° $v_0 = -(V_0 + V + V_1)$
- 2° $v_0 + k_2 v_2 = -V_0$ (voir fig. 5)
- 3° $t_4 - t_3 = \frac{1}{150.000}$ s (voir fig. 5)
- 4° $t_3 - t_1$ et $t_2 - t_4$ soient négligeables devant $t_4 - t_3$.

Dans ces conditions un temps très court t_1 après la fermeture de I , il y a émission, durant $1/150.000$ s., d'un train d'ondes comprenant par exemple 50 oscillations doubles si la longueur d'onde employée est de 40 mètres.

L'émission ayant eu lieu, pour en avoir une seconde il est nécessaire d'ouvrir I pour décharger le condensateur puis de le refermer.

Les durées de fermeture et d'ouverture de I n'ont pratiquement aucune importance. Il suffit que I soit fermé pendant un temps supérieur à t_2 (qui est de l'ordre de $1/50.000$ s.) et qu'il soit ouvert assez longtemps pour que C se décharge complètement, ce qui demande un temps négligeable.

J'ai, en outre, installé pour les utiliser dans cette recherche les appareils suivants, entièrement construits à l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg :

1° l'étage producteur d'oscillations haute fréquence stabilisées. Cet étage dit « pilote » de l'émetteur comporte une pentode américaine 6L6 montée suivant le dispositif nommé « électrocouplé ». L'entretien des oscillations résulte d'un couplage électromagnétique serré entre les cir-

cuits de grille et de cathode (en fait, la cathode est réunie à un point de la « self » de grille); de plus le circuit plaque est accordé sur une fréquence double de celle du circuit de grille. On obtient par ce procédé des oscillations presque aussi stables qu'avec un quartz.

2° un oscillographe cathodique destiné à l'observation visuelle des échos et, plus tard, à leur enregistrement photographique. Le montage de cet appareil ne diffère pas essentiellement de celui des appareils employés dans des recherches analogues.

L'appareil récepteur n'a pas encore pu être construit. Il est probable que plusieurs types devront être essayés.

Radioactivité des Roches. — Leur étude géoradiologique

Prospections basées sur la Radioactivité par l'observation des Radiations pénétrantes

par E. ROTHÉ, Membre correspondant de l'Académie des Sciences

Directeur de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg

et Mme A. HÉE, Docteur ès-sciences, Assistante à l'Institut.

INTRODUCTION

Les auteurs de ce travail avaient en 1928 publié les résultats de mesures magnétiques exécutées sur des échantillons de différentes couches géologiques provenant de sondages effectués jusqu'à 1.300 mètres de profondeur par les Mines domaniales de potasse, (1) et eurent ensuite l'idée d'examiner ces mêmes échantillons au point de vue de leur *radioactivité*. C'était un travail d'ordre général sur les matières formant les couches géologiques de la Vallée du Rhin, auxquelles furent ajoutées quelques roches des Vosges, parce qu'il nous apparaissait a priori que l'étude comparative des diverses propriétés physiques des couches *sédimentaires* et des roches *volcaniques* d'une même contrée, présentait pour la prospection un puissant intérêt.

Les échantillons dont les noms figurent dans la première colonne du tableau ci-dessous sous la rubrique « substances » proviennent de profondeurs indiquées dans la colonne suivante marquée « profondeurs ». Ils ont été étudiés au point de vue radioactif avec le concours de M. Stoeckel (2).

Après un premier triage exécuté à l'aide de l'électroscope universel Danne, qui permit de mettre à part les matériaux susceptibles d'une étude plus approfondie, les mesures furent exécutées par la méthode Curie ; on utilisa l'électromètre à quadrants et les condensateurs de construction Beaudouin ou analogues (3).

On sait que dans les mesures d'essais des minerais, la substance finement pulvérisée est répandue sur un disque plat à rebord : on admet que le rayonnement ne dépend que de la surface (méthode assez répandue dans l'industrie) bien qu'approximative.

Pourtant, dans le tableau ci-après, on a fait figurer en troisième colonne, seulement à titre d'indication sur l'état de pulvérisation et sur la densité, et bien que la masse en gramme de la roche pulvérisée n'intervienne pas dans les premiers résultats indiqués ici, la masse en gramme de la roche écrasée au mortier aussi finement que possible, nécessaire pour couvrir un disque métallique de laiton identique au *disque étalon primaire à Uranium* utilisé dans cette méthode comme terme de comparaison des rayonnements α .

Les radioactivités sont en général si faibles que nous ne pouvions les comparer directement à celle du disque étalon à oxyde d'Uranium du laboratoire (diamètre 7 cm, 45) et nous avons dû passer par l'intermédiaire d'un étalon secondaire de diamètre 1 cm, 98 dont l'activité est égale à 0,0431 de la précédente.

Le résultat final est donné dans la dernière colonne du tableau (R. 10⁶). L'activité est exprimée par le rapport R de l'action du minéral à celle de l'étalon primaire, multiplié par 10⁶.

Dans la quatrième et la cinquième colonne figurent des chiffres qui permettent une comparaison rapide et commode des activités, fondée sur un procédé graphique.

On sait que si l'on porte en abscisses les temps en minutes, en ordonnées les déviations de l'électromètre lues sur l'échelle, et si l'on se limite au domaine dans lequel les déviations sont bien proportionnelles aux quantités d'électricité libérées, les points d'observation se rangent sur des

(1) E. ROTHÉ et Mme A. HÉE : Sur les propriétés magnétiques des zones stratigraphiques de la Vallée du Rhin. (C. R. 187, 1928, p. 82). — A. F. A. Sc. 52^{me} session, 1928, p. 221.

(2) E. ROTHÉ et F. STOECKEL : Sur la radioactivité de couches géologiques et de roches des Vosges (C. R. 199, p. 1330). — Congrès des Sociétés savantes, 68^{me} session 1935).

(3) Voir le schéma du dispositif, la description des appareils et les précautions à prendre dans leur emploi dans ce même fascicule. Article E. ROTHÉ et VAN DER MIN.

droites : 1° D_0 , dans le cas de la perte spontanée ; 2° D , dans le cas de la substance ionisante. Dans l'un et l'autre cas on observe pendant une durée suffisante pour qu'on puisse connaître directement ou par interpolation, les déviations n_0 et n correspondant à un intervalle de temps constant : 1°) pour la perte spontanée, 2° pour la substance étudiée. On mesure de la même manière, et ici par extrapolation, les déviations N_0 et N qui correspondent à l'étalon secondaire.

Le rapport R a pour valeur

$$R = \frac{n-n_0}{N-N_0} \cdot 0,0431$$

Mais on peut se contenter, comme mesure relative, des différences de lectures $n-n_0$ pour chaque substance en divisions de l'échelle (le temps est ici de 40 minutes, quatrième colonne).

Il a paru commode de représenter les radioactivités par la différence des ordonnées des droites D et D_0 pour le temps θ , mesurée à une échelle déterminée. Par tâtonnements, M. Stoeckel a adopté $\theta = 40$ minutes, durée qui convient bien à la plupart des substances en expérience. Figure 1.

Sur papier millimétré les temps ont été portés en abscisses (25 millimètres pour 10 minutes), les déviations en ordonnées (3 millimètres par division de l'échelle). La longueur AB qui fournit une mesure relative de l'activité s'exprime donc en centimètres par

$$(n-n_0) \cdot 3 \cdot 10^{-1}$$

c'est le chiffre indiqué dans la cinquième colonne.

Le procédé graphique permet d'ailleurs de corriger à la manière habituelle les erreurs de mesures en faisant passer les droites au mieux entre les points figuratifs des expériences faites, toute la précision dépendant de la simultanéité de la lecture du temps au chronomètre avec le moment du passage du spot en une division déterminée.

On remarquera que les droites ne passent pas toujours rigoureusement par l'origine : il existe fréquemment au début des lectures une perturbation systématique se traduisant par le fait d'une « ordonnée à l'origine » due tant à l'inertie de l'équipage qu'à un résidu d'activation.

Cette légère anomalie, qui d'ailleurs n'introduit pas d'erreur essentielle dans le résultat final, n'existe pas en général au cours d'une suite d'opérations sur des substances peu actives.

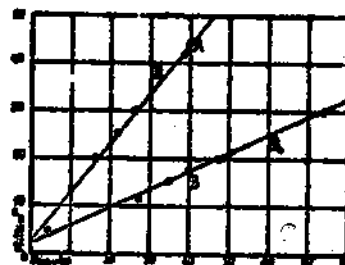


FIGURE 1

Exemples :

I. *Rhyolite d'Eftermatten.*

Observations brutes :			
Avec substance		Perte spontanée	
Intervalles de temps	Nombre de divisions des déviations n	Intervalles de temps	Nombre de divisions des déviations n_0
16 m, 8	20	4 m, 8	5
21 m, 6	25	26 m, 8	11,5
26 m, 4	30	34	13
38 m, 4	42	47 m, 5	20
		74	30

Les droites D_0 et D sont représentées dans la figure ci-dessus.

On déduit des observations précédentes :

$$n-n_0 = 26,66 \quad (n-n_0) \cdot 3 \cdot 10^{-1} = 8,0$$

Pour le petit disque étalon auxiliaire on observe 245 divisions d'écart en 1 min., la perte spontanée étant de 10 divisions en 15 minutes ; d'où pour 40 minutes $N-N_0 = 9800 - 26,66 = 9773,3$.

$$R = \frac{26,66}{9773,3} \cdot 0,0431 = 117,8 \cdot 10^{-6}$$

II. — *Rhyolite du Roskopf.*

$$n-n_0 = 97,66$$

$$N-N_0 = 9773,3$$

$$(n-n_0) \cdot 3 \cdot 10^{-1} = 29,3$$

$$R = \frac{97,66}{9773,3} \cdot 0,0431 = 431 \cdot 10^{-6}$$

Dans toutes les opérations dont il sera question plus loin on s'est astreint à ne commencer les observations utilisées que dix minutes après la mise en marche. Celle-ci est notée moins dix et on inscrit les déviations aux temps — 10 0 10 20 30 40". Les cinq dernières sont seules utilisées.

Ces premières mesures ont conduit aux résultats condensés dans le tableau I ci-dessous. On n'y a relevé que les chiffres relatifs aux substances dont l'activité R était supérieure à 8×10^{-6}

Tableau I

SUBSTANCES	Profondeur en mètres	Masse en grammes	Nombre de divisions (n-n ₀) pour 40 minutes	Activité (n-n ₀).3.10 ⁻¹	R . 10 ⁶
<i>Chattien</i>					
Marne bariolée	110	6,983	10,66	3,2	47,1
Idem	220	8,556	16,0	4,8	70,7
Idem	240	6,233	6,66	2,0	29,5
Marne argileuse Geisswasser	230-350	6,621	7,33	2,2	32,4
Grès calcaire Geisswasser	230-350	8,842	15,33	5,6	67,8
Idem sondage DP IV	398	5,800	9,33	2,8	41,2
Idem	260	6,520	6,66	2,0	29,5
Idem	441	3,250	3,33	1,0	14,7
<i>Stampien</i>					
Marne un peu bitumineuse DP I	185	6,116	8,66	2,60	38,3
Marne pyriteuse Idem	189	5,428	7,0	2,1	30,9
Marne pyriteuse Idem	195	9,860	8,33	2,5	36,8
Idem sondage DP IV	100	6,150	12,66	3,8	56,0
Idem	124	4,760	9,33	2,8	41,2
<i>Sannoisien</i>					
Marne DP II	105	6,742	8,33	2,5	36,8
Marne DP I	218	6,513	9,33	2,8	41,2
Marne (zone salifère supérieure) DP II	220	5,003	3,33	1,0	14,7
Idem Idem	362	5,331	5,33	1,6	23,6
Idem DP I	476	6,221	7,33	2,2	32,4
Marne feuilletée DP II	506	3,840	2,0	0,6	8,8
Marne Idem	605	3,671	3,66	1,1	16,2
Marnes dures DP III	295	3,013	4,66	1,4	20,6
Idem DP II	1250	7,105	3,66	1,1	16,2
Marnes friables Idem	1279	8,918	4,33	1,3	19,15
Marnes feuilletées DP I	212	5,500	6,00	1,8	26,5
<i>Roches vosgiennes</i>					
Rhyolite du Nideck		5,251	14,33	4,3	63,3
Rhyolite de St-Michel I		8,557	9,0	2,7	39,8
Idem II		9,628	14,0	4,2	61,9
Idem III		6,734	16,0	4,8	70,7
Rhyolite d'Eftermatten		8,956	26,66	8,0	117,8
Rhyolite du Roskopf		5,670	97,66	29,3	430,1
Mélaphyre de St-Michel		4,670	8,66	2,6	38,3
Basaltes de Riquewihr I		8,245		4,0	58,9
Idem II		9,809		3,9	57,4

SUBSTANCES	Masse en grammes	Nombre de divisions (n-n ₀) pour 40 minutes	Activité	
			(n-n ₀).3.10 ⁻¹	R.10 ⁶
Basaltes de Riquewihr (autres échantillons) II	12,870		2,5	36,8
Idem III	11,440		1,0	14,7
Idem (autres échantillons)	10,131		1,8	26,5
<i>Granits et divers</i>				
Hohwald	6,725	4,00	1,2	17,7
Andlau I	8,563	7,66	2,3	33,9
Idem II	7,531	7,00	2,1	30,3
Chapeau St-Jean	7,243	5,00	1,5	22,1
Minéralisation (puits St-Jean)	15,248	21,66	6,5	95,7
Rhyolite	0,500	12	3,6	35,6
Idem	0,527	16	4,8	51,9
Idem	0,402	16	4,8	49,1
Idem	0,402	19	5,7	58,0
Granit Kagenfels (ruine)	0,608	7	2,1	22,3
Granit parcelle 54	0,470	14	4,2	44,6
Granit d'Andlau (feuille morte)	0,506	5	1,5	15,6
Granit d'Andlau (rouge Rebstall)	0,521	7	2,1	22,0
Granit Munster	0,505	2	0,6	6,4
Granit Brifosse	0,697	38	11,4	110,7
Schistes à Cordiérite	0,430	5,5	1,65	16,3

Il n'est pas inutile de donner aussi la nomenclature des couches dont la radioactivité a été trouvée très faible, parfois négligeable ; elle figure dans le tableau II.

Tableau II

SUBSTANCES	profondeur en mètres	masse en grammes
<i>Chattien</i>		
Grès calcaire	114	4,387
Idem	119	5,283
Grès calcaire micacé	250	5,386
Grès jaune ciment marneux (Geiswasser)	282	6,823
Idem	350	8,672
Idem	372	7,24
Idem	420	4,27
<i>Stampien</i>		
Grès calcaire à meletta	136	5,435
Marne	148	6,250
<i>Sannoisien</i>		
Marne	50	4,76
Sel gemme DP II	180	7,280
Oypse	208	
Marne DP I	212	5,50
<i>Zone salifère supérieure.</i>		
Sel gemme rose fibreux DP II	244	2,480
Marne DP I	335	4,276
Marne feuilletée	350	4,113
Idem DP II	351	4,265
Idem DP II	360	3,850
Idem DP II	409	6,215

SUBSTANCES	profondeur en mètres	masse en grammes
Anhydrite bitumineuse DP II	428	5,75
Marne DP I	547	5,548
Marne et sel gemme DP I		6,228
<i>Zone salifère inférieure.</i>		
Sel gemme DP II		7,283
Marne DP II	702	2,53
<i>Marnes vertes.</i>		
Marne conglomératique	262,50	5,372
Calcaire DP III	284,30	6,538
Idem DP III	407	4,296
Marnes compactes DP III	1050	6,782
Anhydrite en rognons et sel gemme DP II	1070	5,367
Sel gemme avec Anhydrite en rognons DP II	1315	6,372
Sel gemme DP II	1380	5,876

On constate d'après le tableau I que toutes les roches du massif du Champ de feu sont plus ou moins actives.

Le dernier échantillon de granit provient de Ste-Marie aux Mines dans les Hautes-Vosges. Il est notablement plus actif. (Carrière de Brifosse).

Pour connaître de manière plus précise la teneur des substances en matières radioactives il convient de les comparer à des étalons.

Nous possédons un étalon à l'Uranium fourni par la Société nouvelle du Radium (Oif, administrée par Mme Danne) ainsi que diverses substances étalonnées provenant de ces mêmes laboratoires, à l'aide desquelles nous avons préparé diverses matières très diluées.

Formules de comparaison approximatives et provisoires

Soit A_x l'activité cherchée, E_p l'activité d'un étalon numéroté p. En employant la méthode Curie (rayons α), désignant par n , N les déviations en 40 minutes produites par la substance et l'étalon, n_0 , N_0 les déviations correspondant à la fuite spontanée dans le même temps, on a

$$\frac{A_x}{E_p} = \frac{n - n_0}{N - N_0}$$

Si l'étalon est très actif, on ne peut observer pendant 40 minutes et on mesure alors le temps t nécessaire au spot pour parcourir 220 divisions de l'échelle. (Les chiffres 40 minutes et 220 divisions ont été déterminés par expérience pour des raisons de commodité),

$$t \text{ étant exprimé en secondes on a } N = \frac{220 \times 40 \times 60}{t} = \frac{528000}{t} \quad N_0 = n_0$$

d'où la formule générale

$$\frac{A_x}{E_p} = \frac{n - n_0}{\frac{220 \times 40 \times 60}{t} - N_0} = \frac{n - n_0}{\frac{528000}{t} - n_0} \quad A_x = \frac{n - n_0}{\frac{528000}{t} - n_0} E_p$$

Pour l'étalon qui a le plus souvent servi $E_p = 0,00306$ de l'étalon primaire Danne, d'où la formule générale $A_x = \frac{n - n_0}{\frac{528000}{t} - n_0} \times 0,00306$. Etalon Danne.

Exemple : l'étalon $E_{116} = 0,00306$ Et. D donnait 220 divisions en 548 secondes. Le même jour une substance donnait pour une certaine épaisseur

$$n = 37 \quad n_0 = N_0 = 12 \quad \text{d'où } A_x = \frac{25}{\frac{528000}{548} - 12} \times 0,00306 \text{ Et. D.}$$

$$A_x = 0,00306 \times 0,02627 = 8,03862 \cdot 10^{-5} \text{ Et. D.}$$

Remarque I : Si l'étalon auxiliaire E_p change, le second membre de la formule générale doit être multiplié par le rapport $\frac{E_p}{E_{06}}$

Remarque II : Il peut arriver que l'activité A_x soit aussi grande que E_p ; on calculerait alors n comme N , ou bien on observerait dans les deux cas n et N pendant le même temps t dont la durée serait réglée par les commodités d'observation et la considération des erreurs relatives.

Étalons secondaires à l'Uranium.

Pour diverses mesures préliminaires nous avons eu besoin de divers étalons secondaires. Nous les avons constitués par de l'oxyde d'Uranium pur du commerce, répandu sur les différents disques de l'électroscope universel Danne.

Les diamètres sont :	Etalon primaire 1 et N° 13	Eu ₁₃	7 cm, 45
	2	Eu ₂	6 cm
	3	Eu ₃	5 cm
	4	Eu ₄	4 cm
	5	Eu ₅	2 cm
	6	Eu ₆	0 cm, 5

Le N° 13 chargé de 6 g, 030 vaut 0,680 de l'étalon primaire I. Le tableau III ci-dessous à double entrée résume le rapport des activités et le rapport des surfaces. Le second chiffre souligné donne le rapport des surfaces, tandis que le premier indique le rapport des activités.

La comparaison rapide des minerais par la méthode des rayons α admet l'identité des deux chiffres.

Les divergences que l'on pourra constater tiennent à la répartition de l'oxyde qui n'est pas parfaitement uniforme (tableau III).

Tableau III

N°	13	4	5	6	2	3
13	1	3,46 <u>3,23</u>	13,87 <u>13,58</u>	222 <u>223</u>	1,54 <u>1,45</u>	2,22 <u>2,215</u>
4	<u>0,288</u> 0,309	1	4 <u>4,19</u>	64 <u>68</u>	0,444 <u>0,447</u>	0,64 <u>0,65</u>
5	0,072 <u>0,0736</u>	0,25 <u>0,238</u>	1	16 <u>16,3</u>	0,111 <u>0,107</u>	0,160 <u>0,158</u>
6	0,00450 <u>0,00450</u>	0,01562 <u>0,01455</u>	0,0625 <u>0,0611</u>	1	0,0069 <u>0,00653</u>	0,010 <u>0,0097</u>
2	0,648 <u>0,690</u>	2,25 <u>2,283</u>	9 <u>9,37</u>	144 <u>153</u>	1	1,36 <u>1,48</u>
3	0,450 <u>0,460</u>	1,56 <u>1,53</u>	6,24 <u>6,31</u>	100 <u>103</u>	0,735 <u>0,673</u>	1

Remarques relatives au tableau I.

Le tableau I ci-dessus appelle quelques remarques au point de vue géologique. Dans les couches sédimentaires de l'oligocène (Tongrien) de la plaine du Rhin, ce sont celles du Chattien qui présentent la radioactivité la plus forte. Il est intéressant de rapprocher ce résultat de celui qui a été indiqué récemment dans une note aux comptes rendus par J.-P. Rothé sur les propriétés magnétiques de ces couches (1). Il est vraisemblable que magnétisme et radioactivité sont dus à des éléments provenant de la démolition de massifs éruptifs analogues au Kaiserstuhl ou aux basaltes d'Alsace. Voir plus loin.

(1) J. P. Rothé. Sur le magnétisme des basaltes d'Alsace. (C.R. Acad. Sc. 198, 1934 p. 1443).

Le Stampien (Rumélien) présente aussi par places quelques activités plus remarquables que celles des couches avoisinantes, tandis que le Sannoisien (Lattorfien) n'en offre qu'un nombre réduit.

Les roches vosgiennes volcaniques, rhyolites et basaltes, sont parmi les plus actives (1).

Il ressortait de cette première étude que les rhyolites sont parmi les roches les plus actives de la région et qu'elles méritent un examen plus approfondi. A quels corps est due l'activité ? L'Uranium et le Thorium y ont-ils chacun une part, et quel en est le rapport ? La teneur en substances radioactives est elle caractéristique de certaines coulées privilégiées ? Telles sont les questions que nous nous sommes posées et c'est ainsi que nous avons été conduits à un ensemble de travaux qui se sont prolongés sur plusieurs années.

De plus, nous avons constaté dès l'origine de nos recherches que la rhyolite émet des rayons très pénétrants, car il suffit d'entourer de quelques blocs de cette substance une chambre close d'ionisation pour y constater les effets de ce rayonnement, au cours même de l'enseignement.

Expérience du 6 janvier 1935 : Pression intérieure de la chambre 736 mm, température 16°. Les effets de la radiation pénétrante et de la perte spontanée se traduisent par 10 ions, 26 cm³/sec. Les blocs de rhyolite conduisent à 13 ions, 57, à travers une enveloppe de 2,5 mm de fer. Volume de la chambre : 4 litres. L'effet de la rhyolite correspond donc à 3,3 cm³/sec, soit environ 1/3 de la perte spontanée.

Il était donc légitime d'espérer pouvoir fonder sur la radiation pénétrante émise par la rhyolite une méthode de prospection de ce genre de coulées volcaniques. Cet espoir n'a pas été déçu, et le premier mémoire sur les « Etudes Radiologiques sur les roches d'Alsace et des Vosges » paru dans les Annales de l'Institut de physique du globe de Strasbourg, 1936, 3^{me} partie, géophysique p. 7 contient la description de nombreuses prospections qui suivirent ce premier essai.

La rhyolite étudiée spécialement au cours de ce travail se rattache aux formations du Rosskopf qui ont été l'objet de nombreuses recherches pétrographiques ; elle était désignée par les minéralogistes allemands sous le nom de Granophyr (2). A. Michel-Lévy classait cette roche parmi les microgranulites. Elle voisine avec un granit de constitution assez spéciale appelé granit de Kagenfels du nom d'une ruine autour de laquelle on le trouve abondamment. D'après certains géologues ce granit serait un des plus jeunes, et peut-être le plus jeune, du massif du Champ de Feu (3). Jamais jusqu'à présent, à notre connaissance, les constituants de cet important massif Vosgien n'ont été étudiés au point de vue de la radioactivité. Une carrière a été ouverte à proximité du col de Welschbruch, au bord de la grande route allant du Hohwald à Ste-Odile, voir carte (4).

Il est intéressant de remarquer que le granit de Kagenfels lui-même présente une activité notable. Avec les définitions et notations du tableau I on trouve lors des mesures faites dans les premiers mois de 1935, pour des quantités de matières voisines du demi gramme répandues sur une surface égale à celle de Pétalon primaire Danne :

Pour un échantillon de la ruine de Kagenfels 22,3

Pour d'autres provenant de la parcelle forestière 54 près du col de Welschbruch 44,6. On trouvera plus loin des données plus nombreuses, d'après la formule générale indiquée p. 12. L'intérêt que présentaient ces substances nous a engagés à étendre beaucoup le domaine de nos études ; d'ailleurs les mesures de laboratoire (rayon α) devaient servir aussi de contrôle et de vérification pour les mesures sur le terrain (rayons β et γ).

PRINCIPE DE LA MÉTHODE DES COUCHES D'ÉPAISSEURS VARIABLES.

La méthode que nous désignerons sous le nom de « méthode des couches d'épaisseurs variables », conduit pour chaque échantillon à une courbe de forme caractéristique, qui permet de procéder à un classement et de se faire tout au moins une idée générale des proportions des corps radioactifs, familles thorium et uranium-radium, contenues dans l'échantillon considéré. L'intérêt de ces recherches ne consiste pas à obtenir des « moyennes aujourd'hui bien connues » ; il n'importe

(1) Il y a des exceptions sur lesquelles on reviendra plus tard.

(2) H. ROSENBUSCH : Die Granophyrdecke des Rosskopfs (Abhandl. zur Geol. Spezialkarte von Elsaas-Lothringen, Bd. 1 Heft II, p. 368.

(3) E. SCHNAEBELÉ : Les granites du champ de feu (Vosges) (C. R. Acad. Sc. TCXXXVI, 1923, p. 693).

(4) Ann. I. P. G. S. Nouvelle série, tome I, 3^{me} partie, géophysique, p. 9.

pas non plus de connaître la « valeur absolue et précise » de la teneur déterminée avec tout le soin désirable par les émanations dans des laboratoires spécialisés, mais il nous semble qu'il convient plutôt de s'attacher aux ordres de grandeur qui caractériseront certaines couches ou roches.

On commence par pulvériser la substance aussi finement que possible et on la passe au tamis fin ; on la répand ensuite sur des disques en laiton à rebord semblables à ceux qui constituent les supports d'étalons à oxyde d'uranium. Ces disques de surface constante, sortes de petites cuvettes de faible profondeur, conviennent à des quantités différentes de matière, donc à des « épaisseurs différentes » : les rebords sont respectivement, 1 mm pour les masses 0g, 5 et 5 g, 3 mm pour 18 g, 5 mm pour 30 g. Pour plus de précision on peut remplir les cuvettes jusqu'au bord, bien tasser la matière et arraser jusqu'au bord supérieur. Les différences de constitution et de densité exigent dans chaque cas une pesée précise. On dispose successivement les cuvettes, dans le condensateur approprié surtout aux rayons α , sur des disques supports tels que la surface rayonnante se trouve toujours à la même distance des armatures du condensateur et que la capacité demeure sensiblement la même quel que soit le disque en usage. Nous avons employé la méthode de déviation en mesurant le déplacement du spot de l'électromètre à quadrants pendant le même nombre de minutes ; nous mesurons d'autre part le temps nécessaire au spot pour parcourir un nombre déterminé de divisions de l'échelle sous l'influence d'un étalon à oxyde d'uranium. Ces données permettent d'exprimer les activités des substances en fonction de celle de l'étalon (Tableau IV).

Ce sont les chiffres ainsi obtenus que l'on portera en ordonnées ; en abscisses se trouvent les masses utilisées en grammes, ce qui revient, comme cela a été dit, à étudier les variations d'effets en fonction des diverses épaisseurs de la substance.

Tableau IV

Symbole	Masse	$n-n_0$	Etalon		N_0	$\frac{N}{52800}$ t	$N-N_0$	$\frac{n-n_0}{N-N_0} \times 0,00306 \cdot 10^6$
			m.	sec. t				
Lave avec dépôt de sublimation	0,5	30	8	10 490	28	1077	1049	87,5
Vésuve IV	5	55	8	15 495	32	1066	1034	162,7
(voir courbe) fig. p. 32	18	65	8	12 492	34	1073	1039	191,6
	30	64	8	12 492	32	1073	1041	188,1
	0,5	7	5	35 335	24	1576	1552	20,7
Basalte Orbey	5	15	5	35 335	24	1576	1552	$41,4 E_p = E_{06} \times \frac{3}{2}$
champ Simon								
IV	18	9	5	30 330	37	1600	1563	85,2
Voir courbe fig. p. 42	30	43,5	5	30 330	37	1600	1563	127,7

Remarque I. — Dans le second exemple choisi, l'étalon auxiliaire valait $0,00459 = 0,00306 \times \frac{3}{2}$

II. — Les nombres de la dernière colonne sont multipliés par 10^{-6}

Ex. 87,5. 10^{-6} ; 162,7. 10^{-6} etc. pour éviter de récrire ce facteur les chiffres de la colonne sont en réalité $\frac{n-n_0}{N-N_0} \times 0,00306 \cdot 10^6$

La discussion suivante sur de nombreux corps montrera que les courbes obtenues sont, comme nous l'avons indiqué au début de ce paragraphe, caractéristiques de leur constitution et la méthode des couches d'épaisseurs variables se transforme en un procédé graphique commode pour le classement et la comparaison des roches.

Cette méthode est le résultat des réflexions suscitées par de nombreuses expériences et l'observation nécessaire des différents phénomènes accompagnant le rayonnement. Les cuvettes profondes furent construites à l'origine pour des essais relatifs à l'absorption, études que les circonstances n'ont pas permis de mener encore complètement à bonne fin. (De telles recherches interrompues par d'autres essais, n'ont pu être effectuées depuis la guerre en raison du défaut de locaux et d'installation de laboratoire à Clermont-Ferrand.

On aurait pu songer à recourir à une méthode d'analyse chimique pour déterminer les quantités Ra et Th présentes : cette analyse est particulièrement difficile parce que les très faibles quantités d'uranium et de thorium entrant en jeu sont en partie absorbées par certains éléments et la sensibilité des réactifs appropriés à l'analyse de ces corps lorsqu'ils sont purs, est notablement diminuée par la présence des corps étrangers.

Les méthodes physiques paraissent mieux appropriées et nous avons indiqué, il y a cinq ans, le principe d'une d'elles fondée sur les différences d'absorption des rayonnements du thorium d'une part et de l'uranium-radium d'autre part (1).

Pour appliquer utilement notre méthode l'étude comparative des matières radioactives étalonnées s'imposait. De là la préparation d'étalons au radium et thorium décrite dans le paragraphe suivant.

E. R. et A. H.

Préparation d'étalons de faible teneur en radium, thorium ou uranium

par M^{me} A. Héz.

Le but proposé consiste à obtenir des substances chimiques bien définies, renfermant une proportion connue de matière active analogue à celle que l'on trouve dans les roches.

I. — Préparation d'une substance au radium

1^{re} substance étalonnée.

1^o Le sel qui sert de point de départ est un chlorure de baryum radifère fourni par la maison Dagne, contenant $3,288.10^{-7}$ g Ra-élément par gramme. On le dissout dans une solution de chlorure de baryum pur spécial pour analyse, et on évapore lentement au bain-marie, en agitant fréquemment pour s'assurer de l'homogénéité des cristaux formés.

Les proportions sont établies ainsi qu'il suit :

soient x grammes de chlorure de baryum radifère et p grammes de chlorure de baryum inactif ; si l'on veut obtenir un sel renfermant 2.10^{-11} g Ra-élément par gramme, on écrit l'équation suivante :

$$\frac{3,288.10^{-7} x}{x + p} = 2.10^{-11} \quad \text{d'où } p = \frac{32878 x}{2} \quad \text{si } x = 0 \text{ gr. } 002 \quad p = \frac{0,002 \cdot 32878}{2} = 32 \text{ gr. } 878$$

L'évaporation doit être lente si l'on veut éviter des pertes de matière par projection, mais la plus grande difficulté réside dans l'appréciation du moment où il faut arrêter cette évaporation à sec pour retrouver la quantité primitive de substance.

Dans cette première opération j'ai obtenu 32 g, 018 au lieu de 32 g, 880, la différence a donc été de 0,862. Si l'on admet que cette différence est due uniquement à la perte d'une partie de l'eau de cristallisation du chlorure de baryum, on peut dire que la substance obtenue définitivement renferme :

$$\frac{3,288.10^{-7} \cdot 0,002}{32,018} = 2,05.10^{-11} \text{ g Ra-élément par gramme.}$$

2^{me} substance.

Dans une seconde préparation les corps utilisés sont les mêmes que les précédents, mais on se propose d'obtenir un chlorure de baryum plus riche renfermant 5.10^{-11} g Ra-élément par gramme. On a donc :

$$\frac{3,288.10^{-7} x}{x + p} = 5.10^{-11}$$

$$\text{pour } x = 0 \text{ g. } 005 \quad p = 32 \text{ g. } 875$$

Une première pesée a indiqué 33 g, 530 comme résidu de l'évaporation, et celle-ci ayant été un peu plus poussée, on a obtenu finalement 31 g,425.

(1) E. Borué et M^{me} A. Héz. Etude de la radioactivité de la rhyolite du Rosskopf (Vosges). Association Française pour l'avancement des Sciences, Nantes 1935, p. 275.

Si l'on admet encore que la différence de masse est due à la perte d'une partie de l'eau de cristallisation du sel de baryum, ce deuxième étalon renferme :

$$\frac{3,288 \cdot 10^{-7} \cdot 0,005}{31,425} = 5,23 \cdot 10^{-11} \text{ g Ra-élément par g.}$$

3^{me} substance.

Le sel étalonné est un carbonate de baryum très pur offert par Mme Danne renfermant $5,6 \cdot 10^{-7}$ g Ra-élément par gramme.

On se propose encore d'obtenir une préparation artificielle de même teneur $5 \cdot 10^{-11}$ g Ra-élément par gramme.

Le carbonate est transformé en chlorure par l'action de quelques gouttes d'acide chlorhydrique pur. La substance inactive est comme précédemment une solution de chlorure de baryum pur.

La transformation chimique du carbonate de baryum $\text{CO}_3\text{Ba} = 197$ en chlorure de baryum $\text{Cl}_2\text{Ba} (2\text{H}_2\text{O}) = 244$ (l'eau de cristallisation étant prise à la solution inactive) entraîne une faible correction dans l'équation générale utilisée. Celle-ci devient :

$$\frac{5,6 \cdot 10^{-7} \cdot x}{p + \frac{244}{197} x} = 5 \cdot 10^{-11}$$

$$p = \frac{55993,9 \cdot x}{5} \quad \text{si } x = 0,005 \quad p = 55 \text{ g. } 993$$

Après évaporation la quantité de substance obtenue est de 55 g,086. Il convient donc encore d'admettre la perte d'une partie de l'eau de cristallisation, ce qui rend inutile la correction provenant de la transformation d'une quantité très réduite de carbonate en chlorure de baryum.

Finalement ce troisième étalon renferme :

$$\frac{5,6 \cdot 10^{-7} \cdot 0,005}{55,086} = 5,08 \cdot 10^{-11} \text{ g Ra-élément par gramme.}$$

4^{me} substance.

4^o Les corps utilisés sont les mêmes que pour la troisième préparation, mais l'étalon que l'on désire ne doit contenir que $2 \cdot 10^{-11}$ g Ra-élément par gramme.

L'équation générale est $\frac{56000 \cdot x}{p + \frac{244 \cdot x}{197}} = 2$

$$55997,6 \cdot x = 2 \cdot p \quad \text{Si } p = 270 \quad x = 0,0096$$

A la fin de l'évaporation à sec, opération plus difficile que les précédentes à cause de la grande quantité de substance utilisée, on trouve 268 g, 695.

Le transvasement nécessaire a certainement causé une perte de matière et il n'est pas tout à fait exact d'admettre que la différence des masses provienne d'une évaporation trop prolongée.

Si toutefois l'on maintient cette explication, la substance doit renfermer :

$$\frac{5,6 \cdot 10^{-7} \cdot 0,0096}{268,695} = 2,0 \cdot 10^{-11} \text{ g Ra-élément par gramme}$$

II. - Préparation d'une substance au thorium

Dans les roches, le thorium et ses produits de désintégration sont en équilibre radioactif ; il est donc nécessaire, si l'on veut éviter un facteur de correction, d'utiliser un produit de sel de thorium assez ancien pour qu'en particulier le mésothorium y existe en même proportion que dans les roches.

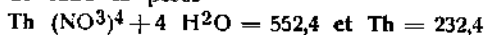
On sait que la masse de mésothorium existant dans un composé de thorium varie en fonction de l'âge, c'est-à-dire du temps écoulé depuis la préparation, et est exprimée par la relation :

masse mésothorium = quantité limite $(1 - e^{-\lambda t})$
 λ = constante du mésothorium = 0,103
 t = temps écoulé

Le sel utilisé pour la préparation de la substance étalonée est un nitrate de thorium préparé il y a vingt-cinq ans. On peut donc écrire :

$$\begin{aligned} \text{masse mésothorium} &= \text{quantité limite } (1 - e^{-0,103 \times 25}) \\ &= \text{quantité limite } (1 - 0,0761) \end{aligned}$$

Il ne s'en faut que de 0,08 environ pour que la saturation soit atteinte dans le sel utilisé. En outre, ce composé est hygroscopique et mal défini au point de vue de sa contenance en eau. J'admettrai la formule qui correspond au produit commercial $\text{Th}(\text{NO}_3)_4 + 4\text{H}_2\text{O}$. On dessèche soigneusement avant de faire la pesée



Si l'on prend x grammes de nitrate de thorium, on a :

$$\frac{x \cdot 232,4}{552,4} \text{ g de Th}$$

Or on a en vue d'obtenir une substance contenant $3,7 \cdot 10^{-5}$ g de Th par gramme, d'où l'équation :

$$\frac{\frac{232,4}{552,4} x}{p + x} = 3,7 \cdot 10^{-5}$$

p représente en grammes la masse de substance inactive dont on se propose de réaliser le mélange intime avec le nitrate de thorium. On utilise encore le chlorure de baryum pur, on a

$$42066x = 3,7 p$$

$$\text{si } x = 0 \text{ g, } 003 \quad p = 34 \text{ g, } 107$$

Après évaporation à sec on retrouve 33 g, 450 de substance renfermant

$$\frac{0,003 \cdot 232,4}{552,4 \cdot 33,450} = 3,77 \cdot 10^{-5} \text{ g Th par gramme.}$$

III. - Préparation d'une substance à l'uranium

On veut préparer un étalon à l'uranium dont l'ionisation soit analogue à celle qui est causée par l'étalon au radium de teneur $5,08 \cdot 10^{-11}$ g Ra-élément par gramme.

Au point de vue du rayonnement α , l'ionisation due à 1 gr. d'uranium est : 1,37 US. et celle due à 1 gr. de radium est $23,23 \cdot 10^5$ US. A $5,08 \cdot 10^{-11}$ g de radium correspond donc une ionisation de $23,23 \cdot 10^5 \cdot 5,08 \cdot 10^{-11}$ US. Cette ionisation peut être obtenue par

$$\frac{23,23 \cdot 5,08 \cdot 10^{-6}}{1,37} = 0,861 \cdot 10^{-4} \text{ g d'uranium}$$

Le sel d'uranium utilisé est un nitrate de formule $(\text{NO}_3)_2 \text{UO}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, de poids moléculaire $\text{PM} = 502,28$. On sait que $\text{U} = 238,2$. La substance inerte est le chlorure de baryum pur ; on prend 50 gr. de ce chlorure qu'on dissout dans l'eau, on ajoute $0,861 \cdot 10^{-4} \cdot 50 = 0,043$ g d'U

c'est-à-dire : $\frac{0,0043 \cdot 502,28}{238,2} = 0,009$ g. de nitrate d'uranium.

Après évaporation à sec il reste 49 g. 730 de substance, on peut admettre qu'elle renferme :

$$\frac{0,0043}{49,73} = 8,64 \cdot 10^{-5} \text{ g d'uranium par gramme.}$$

A. H.

Interprétation des mesures faites avec les substances de teneur connue

Nous avons appelé « substances étalonées » les préparations décrites dans le paragraphe précédent ; en réalité elle ne peuvent être considérées comme de véritables étalons pour des raisons qui apparaîtront dans l'interprétation même des mesures. Elles ont pourtant été utiles à l'explication de la forme générale des courbes et à l'élaboration de la méthode graphique de discrimination

et de groupement des roches ; elles ont permis d'obtenir un ordre de grandeur de la radioactivité sinon la valeur exacte de la masse de radium ou de thorium. Il n'est pas dans notre pensée de substituer cette méthode au dosage par les émanations. Nous n'avons malheureusement pas la possibilité d'employer ce procédé, tant à cause du défaut d'installations appropriées que de la longueur des opérations.

Préparations au radium. — Courbes à palier.

Le 16 mars 1935, nous répandions une couche mince de matière étalonnée Danne dans une cavité de 0 cm, 5 de diamètre, 1 mm de profondeur, fraisée dans un disque (n° 12) de diamètre égal à celui des étalons à l'uranium (8 cm de diamètre). La teneur de cette matière, chlorure de radium, est $3,288 \cdot 10^{-7}$ g Ra par g ; la masse utilisée était $7,8 \cdot 10^{-3}$ g et contenait donc $2564,64 \cdot 10^{-12}$ g par g, nombres disproportionnés par rapport à la teneur dans les roches. Si l'on admet que tout ce radium rayonnait on trouve que son action globale (dans les conditions où il émet, c'est-à-dire moins de la moitié du rayonnement α) vaut 7527,6 Etalon Danne à l'Uranium :

Pour l'étalon auxiliaire $E_{u6} = 0,00306$ E. D. on obtient : 220 divisions en 530 sec.
 Pour le sel utilisé ... 220 divisions en 213,3 sec.

$$2564,64 \cdot 10^{-12} \text{ valent donc } E_{u6} \times \frac{530}{213,3} = E_{u6} \times 2,46.$$

$$2,46 \times 0,00306 \text{ ou } 7527,6 \text{ E. D. } 10^{-6}$$

Nous rapprocherons cette première mesure de celles faites, après beaucoup d'autres, le 20 septembre 1938. par le procédé ordinaire (0g,5, 5 18 30) qui a donné les résultats suivants. (Tableau V).

Tableau V
Substance étalonnée au Ra

Symbole Matière étalonnée au Radium, n° 3	Masse	n-n ₀	Etalon		N ₀	N 528000/t	N-N ₀	$\frac{n-n_0}{N-N_0} \cdot 0,00306 \cdot \frac{3}{2} 10^6$
			m.	t sec.				
Mesures de sept. 1938								
25,4 10 ⁻¹² Ra	0,5	95	5	30 330	27	1600	1573	277,2
254 10 ⁻¹² Ra	5	109	5	34 334	29	1581	1552	322,4
914,4 10 ⁻¹² Ra	18	118	5	34 334	26	1581	1555	348,3
1524 10 ⁻¹² Ra	30	119	5	34 334	25	1581	1556	351,0
Mesures de 1935								
	4,175	94	9	35 575	24	918	894	321,7
	12,575	107	9	05 545	20	969	949	345,0

Des mesures faites en 1935, à un moment où les précautions à prendre n'étaient pas encore bien définies, ont fourni des résultats imparfaits ; certains points se rangent sur la courbe précédente, d'autres s'en écartent, mais d'une façon générale ces premiers résultats avaient déjà permis de certifier l'existence du palier que les mesures ultérieures précises ont confirmée. Deux des mesures de 1935 figurent dans le tableau IV.

Proposons-nous maintenant de trouver quelles seraient, d'après l'expérience de 1935, les quantités de radium qui correspondent aux activités $A \cdot 10^6$ soit :

$$277,2 \quad 322,4 \quad 348,3 \quad 351,0 \text{ E. D. où } A = n - n_0 / N - N_0 \cdot 0,00306$$

La quantité de radium est égale à $(2564,64 \cdot 10^{-12} / 7537,6) \cdot A \cdot 10^6$ et l'on obtient :

masse	0,5	5	18	30
A. 10 ⁶	277,2	322,4	348,3	351,0
QRa 10 ⁻¹²	94,4	109,8	111,1	119,5

Or l'étalon 3 (voir p. 18) doit contenir $50,8 \cdot 10^{-12}$ g/g

soit pour les masses ci-dessus 25,4 254 914,4 152 g. 10⁻¹²

Ces chiffres font clairement apparaître le rôle de l'absorption et le fait que c'est seulement une faible couche superficielle active qui agit, pour le Ra comme pour l'U, à partir d'une épaisseur critique. C'est là un phénomène bien connu. Dans l'ouvrage de St. Meyer et Schweydlér déjà cité et dans les publications de ce dernier dans la *Physikalische Zeitschrift*, on trouve la distinction et les formules correspondant aux lames émettrices minces d'épaisseur inférieure à la critique ou au contraire aux lames très épaisses n'agissant que par la couche superficielle.

R. D. Evans a aussi utilisé ces formules — (1).

On constate de plus à l'examen des nombres que la supposition faite, que les 7,8 milligrammes de substance Danne agissent dans leur totalité, est inexacte ; car, pour 0,5 $25,4 \cdot 10^{-12}$ g produisent l'effet que devraient produire 94,4 10^{-12} grammes d'après le calcul basé sur cette hypothèse.

La différence provient de ce que 7,8 milligrammes étaient dans la cuvette de 0,5 cm de diamètre, tandis que pour les autres substances comparées, on employait le disque de 7,5 cm c'est-à-dire de surface 222 fois plus grande (voir p. 14).

Pour que l'on obtint des effets proportionnels aux masses de Ra il aurait fallu que les substances fussent utilisées sous la même épaisseur. Or à épaisseur égale, pour couvrir le disque 12 (0,5 cm), si le disque 1 (7,5 cm) est couvert par 0,5 g, il faudrait $0,5/222 = 0,00225$ g et non 0,0078. La couche de ce dernier produit était donc trop épaisse et ne pouvait agir au maximum.

Il est d'autre part facile de trouver quelle est la masse qui, répartie sur le disque 1 aurait la même action que 0,0078 g sur le disque 12. Elle sera telle que l'équation 1 conduise, pour la quantité de Ra calculée, au même résultat que la quantité réelle.

Par tâtonnements rapides, on voit qu'elle est supérieure à 1 g, inférieure à 2 : pour 1 g on trouve 95,5 > 50,8 réel, pour 2 g 99,5 < 101,6 réel. Il est possible

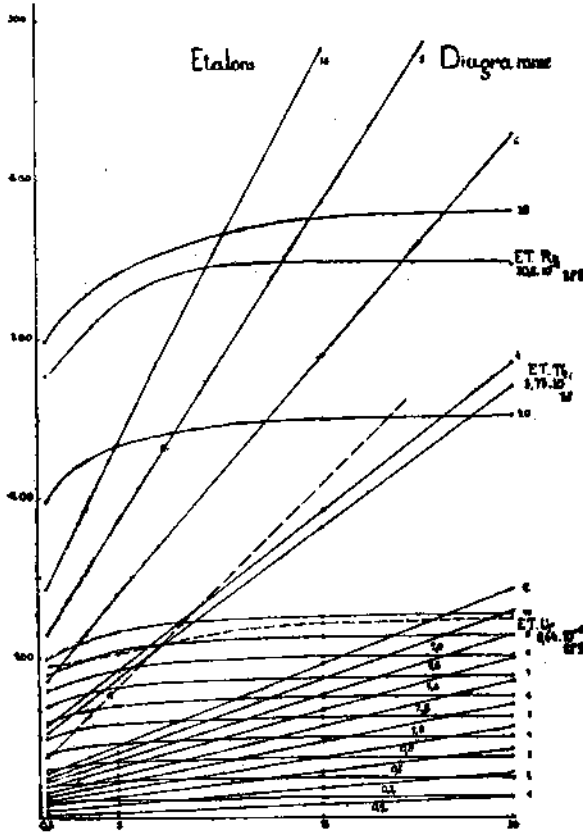


FIGURE 2

de trouver le chiffre exact graphiquement en calculant la tangente A/m dans un diagramme où les échelles des ordonnées A et des abscisses m (masse) seront égales :

Pour 1g, 8 98,89 > 91,4 réel
 1g, 95 99,1 99,06

La condition cherchée est donc remplie au voisinage de 2 g ; c'est déjà une couche assez épaisse. Il semble qu'on puisse admettre ce que E. Rothé avait fait intuitivement dès le début des recherches que la couche de 0,5 fournit à peu près tout son effet lorsqu'elle a un grand disque de 7 cm, 5 pour support.

Si on l'admet, on constate, en reprenant les raisonnements à rebours, que l'absorption dans les 7,8 milligrammes est d'environ 3,7 : en effet $25,4 \cdot 10^{-12}$ correspondent à 277,2 unités

$2564,64 \cdot 10^{-12}$ à 7527,6

Une règle de trois conduit à : $277,2/25,4 \cdot 2564,64 = 3,7 \cdot 7527,6$

(1) R. D. EVANS. The Measurement of natural Alpha. Particles ejected from solids. (Physical review, 1934, t. 33, p. 23).

La forme en palier des courbes de substances contenant du radium est ainsi démontrée (Courbes Figure 2).

Au moment où ces recherches ont été entreprises nous n'avions pas à notre disposition l'ouvrage de Radio-activité de Mme Pierre Curie. C'est avec plaisir qu'à posteriori, j'ai trouvé cette opinion clairement exprimée du célèbre savant radiologue.

« L'emploi des rayons α fournit le moyen le plus sensible pour le dosage de certains radioéléments, en raison du grand nombre d'ions produits par atome transformé. La méthode la plus courante pour évaluer la radioactivité des minéraux ou des sels de radium consiste à introduire ces substances dans une chambre d'ionisation et à mesurer le courant de saturation *attribuable presque intégralement à l'effet ionisant des rayons α* . De telles mesures ont une grande utilité pratique, mais ne conduisent pas en général à un dosage précis, en raison des difficultés qui résultent de l'absorption partielle des rayons α par la matière soumise à l'examen ; le courant d'ionisation qu'on peut obtenir avec une certaine quantité de matière prend des valeurs très différentes, suivant que celles-ci est distribuée en grains plus ou moins fins sur une surface plus ou moins grande. Si les conditions d'absorption sont rendues comparables, la mesure du rayonnement α conduit à un dosage approximatif. »

Comparaison des effets des préparations artificielles de radium et des roches naturelles.

On admettra que dans les roches les corps radioactifs sont en équilibre, bien que cette hypothèse ne puisse être considérée comme exacte au sens propre du mot, le rapport entre l'U et Ra présents servant à déterminer l'âge de la roche.

Dans la nature, d'après la succession des descendants dans leur famille il y aurait 7 radiateurs α

$$\begin{array}{l}
 \text{UI} \frac{\alpha}{4,4 \times 10^9 \text{ ans}} - \text{UX}_1 \frac{\beta}{24,5 \text{ jours}} - \text{UX}_2 \frac{\beta}{1,14 \text{ min.}} - \text{UII} \frac{\alpha}{3.10^8 \text{ ans}} - \text{Io} \frac{\alpha}{83000 \text{ ans}} - \text{Ra} \frac{\alpha}{1590 \text{ ans}} - \\
 - \text{Rn} \frac{\alpha}{3,283 \text{ jours}} - \text{RaA} \frac{\alpha}{3,05 \text{ min.}} - \text{RaB} \frac{\beta}{26,8 \text{ min.}} - \text{RaC} \frac{\beta}{19,72 \text{ min.}} \left| \begin{array}{l} - \text{RaC}' \frac{\alpha}{\text{environ } 10^{-6} \text{ sec.}} \\ - \text{RaC}'' \frac{\alpha}{1,32 \text{ min.}} \end{array} \right. \\
 - \text{RaD} \frac{\beta}{22 \text{ ans}} - \text{RaE} \frac{\beta}{5,0 \text{ jours}} - \text{Po} \frac{\alpha}{140 \text{ jours}}
 \end{array}$$

(Les nombres ci-dessus représentent la période).

On supposera que l'ionisation produite par le Ra est égale à l'unité et on calculera l'ionisation totale en fonction des coefficients k d'ionisation, nombre de paires d'ions produits par un rayon α ; l'ionisation d'un des radiateurs de rang n sera $1. kn/k_{Ra}$

Or on admet pour l'ensemble de UI et UII $k = 2,5$, pour Io 1,34, pour Ra 1,37, pour Rn 1,57, pour RaA 1,72, pour RaC et RaC' 2,20, pour Po 1,52.

Le rayonnement total pour l'ensemble des corps émettant simultanément à l'équilibre sera donc :

$$\frac{2,5 + 1,34 + 1,37 + 1,57 + 1,72 + 2,20 + 1,52}{1,37} = \frac{12,22}{1,37} = 8,92 \text{ ou environ } 9$$

Pour une préparation artificielle récente, on ne doit compter que les quatre radiateurs soulignés c'est-à-dire une ionisation de $\frac{6,86}{1,37} = 5$

Les ionisations partielles se répartissent d'ailleurs ainsi : U 1,82, Io 0,98, Ra 1, Rn 1,14, RaA 1,25, RaC 1,63, Po 1,1.

Donc la courbe de l'Etalon Fig. 2 indique des activités globales 5 fois plus grandes que celle du Ra seul. Les courbes naturelles indiquent des activités égales à 9 fois celle du radium. Une même quantité de Ra dans les roches naturelles correspondra donc aux 9/5 des activités de la courbe de comparaison.

Diagramme des courbes de comparaison.

Afin d'utiliser commodément ces données, j'ai fait tracer deux faisceaux de courbes que chacun peut aisément reproduire. On admet à priori que pour les petites teneurs envisagées les effets globaux (grandes masses absorption comprise) sont comme les effets de rayonnement intégral (petites masses) proportionnels aux teneurs. (Voir les tableaux VI et VII).

Tableau VI
 Valeurs $A \cdot 10^6$ servant à la construction des diagrammes
 Données relatives à l'effet Radium
 (Préparations artificielles) quatre radiateurs

Teneur $50,8 \cdot 10^{-12}$ R/g		A. 10^6	0 g. 5 277,2	5 g. 322,4	18 g. 348,3	30 g. 351,0
1	$\frac{50,8}{50}$		5,54	6,45	6,96	7,02
2			11,08	12,90	13,92	14,04
3			16,62	19,35	20,88	21,06
4			22,16	25,8	27,84	28,08
5,08			27,72	32,24	34,83	35,10
6			33,24	38,70	41,76	42,12
7			38,78	45,15	48,72	49,14
8			44,32	51,60	55,68	56,16
9			49,86	58,05	62,64	63,18
10,1			55,45	64,48	69,65	70,20

Pour les substances naturelles ces chiffres doivent être multipliés par 9/5. On obtient ainsi :

Tableau VII
 Données relatives à l'effet Radium
 (Roches, substances naturelles)

Teneur $50,8 \cdot 10^{-12}$ R/g		A. 10^6	498,96	580,32	626,94	631,8
1			0,07	11,61	12,53	12,61
2			19,94	23,32	25,06	25,27
3			29,91	34,83	37,59	37,92
4			39,88	46,44	50,12	50,54
5,08			49,89	58,03	62,67	63,18
6			59,82	69,66	75,18	75,84
7			69,80	81,27	87,71	88,48
8			79,76	92,88	100,74	101,08
9			89,73	104,49	112,77	113,76
10,1			99,72	116,06	125,28	126,36

Remarques

1/ Je signalerai tout de suite une application concernant le filon de roche radioactive de St-Rémy sur Durolle étudié dans le travail suivant (E. R. et Van der Min ; Tableau II 1^{er} échantillon) — L'activité est attribuée presque exclusivement au Ra.

3 g, 65	13 g, 6	25 g, 5
593 g, 7	593 g, 7	625 g
	trop faible	
329 g, 8	329 g, 8	347 g, 2

Les nombres de la dernière ligne sont égaux aux nombres observés de la 2^{me}, que l'on a divisés par $9/5 = 1,8$, pour les ramener à la teneur connue des substances étalonées.

En comparant la courbe à celle du diagramme précédent, on trouve qu'elle est toute voisine de celle marquée $50,10^{-12}$

C'est une forte teneur, mais dont il n'y a pas lieu de s'étonner, car E. Rothé a trouvé sur

place, dans le filon étudié, des cristaux de chalcopite d'un beau vert, la courbe ne peut être régulière, car la matière est répartie très inégalement : la prise de 3 g,65 contenait sans doute à peu près autant de cristaux que celle de 13,6, car les mesures ont été précises et la coïncidence des chiffres ne provient pas d'une erreur.

II/ Il paraît intéressant de rapprocher de l'étalon III, les mesures faites avec I et II.

La concentration de l'étalon I est $20,5 \cdot 10^{-12}$ g/g

Mai 1935	Masse	n-n.	Etalon		sec	n.	$\frac{528000}{t}$	N-N.	A.10 ⁶ E. D.
			min.	sec.	t				
1 ^o	1 g. 573	13	8	40	520	21	1015,3	994,3	315,4
	$32,250 \cdot 10^{-12}$ Ra								
2 ^o	0 g. 370	5	8	40	520	21	1015,3	994,3	121,3
	$7,585 \cdot 10^{-12}$								
D'après ces mesures l'étalon Danne vaut									
					1 ^o		$0,102 \cdot 10^{-6}$		
					2 ^o		$0,062 \cdot 10^{-6}$		

La concentration de l'étalon II est $52,2 \cdot 10^{-12}$

17 mai 1935	Masse	n-n.	Etalon		sec	n.	$\frac{528000}{t}$	N-N.	A.10 ⁶ E. D.
			min.	sec.	t				
	0 g. 688	26	8	22	502	17	1051,7	1034,7	76,9
	$35,914 \cdot 10^{-12}$								
D'où étalon Danne vaut $0,46 \cdot 10^{-6}$									

D'après les mesures de l'étalon III (voir tableau p. 20) on trouve :

pour 0 g.5 ou $25,4 \cdot 10^{-12}$ Ra/g. $25,4/277,2 \cdot 10^{-6} = 0,092 \cdot 10^{-6}$
 pour 5 g. ou $254 \cdot 10^{-12}$ $254/322,4 \cdot 10^{-6} = 0,788 \cdot 10^{-6}$

D'après d'autres mesures plus anciennes

23 Mai 1935	masse								
	$36,576 \cdot 10^{-12}$	37	9	min. 9	549	12	963,5	951,5	118,9
d'où étalon Danne = $36,576 \cdot 10^{-12} / 118,9 \cdot 10^{-6} = 0,307 \cdot 10^{-6}$									

RÉCAPITULATION

I	$7,585 \cdot 10^{-12}$	$0,062 \cdot 10^{-6}$
III	25,4	0,092
I	32,25	0,102
II	35,914	0,46
III	36,576	0,307
III	254	0,788

Le tableau ci-dessus montre que malgré les difficultés signalées même pour les lames assez peu épaisses alors que pour trois étalons la masse en jeu varie de 7,6 à $254 \cdot 10^{-12}$ ou dans le rapport de 1 à 33 l'étalonnage du disque à l'Uranium Danne reste inférieur à 10^{-12} variant de $0,06$ à $0,8 \cdot 10^{-6}$ ou dans le rapport de 1 à 13. C'est encore une manière de mettre en lumière le phénomène de l'absorption.

Nous ne pouvons indiquer de mesures poussées sur la grosseur des grains, nous étant appliqués à n'employer que des poudres très fines. Les couches très minces obtenues par évaporation n'ont été soumises qu'à quelques essais : elles ne s'appliquaient pas de manière directe au but poursuivi. Le quatrième étalon a été utilisé dans des expériences de « comparaison de la radioactivité des roches d'Alsace par la méthode des tubes compteurs. » (1).

Les résultats fondés sur les rayons pénétrants sont d'une manière générale d'accord avec ceux-ci.

(1) E. Botek et Th. Kozłowiez, CR. Acad. Sc. 1935, t. 101, p. 165.

Préparation à l'Uranium. — Courbe à palier.

La courbe est aussi, comme il fallait s'y attendre, à palier. On sait bien depuis la découverte de la radioactivité que les étalons à l'uranium agissent par leur surface (Tableau VIII).

Tableau VIII

Etalon Teneur : $8,64 \cdot 10^{-5}$ g U/g		4-5 Octobre 1938						
Teneur en g/g	masse	n. n.	m. s.	sec t	N ₀	$N = \frac{528000}{t}$	N-N ₀	A. 10 ⁴
$6,048 \cdot 10^{-5}$	0g.7	32,5	5 30	330	31	1600	1569	95,0
43,20	5	35	5 30	330	31	1600	1569	102,4
155,25	18	41,5	5 30	330	28	1600	1572	121,4
2592	30	42,5	5 30	330	29	1600	1571	124,1

La comparaison des ionisations de l'uranium et du radium présente de l'intérêt. Nous ne ferons intervenir, d'après ce qui précède, que les lames les moins épaisses. On voit d'après les tableaux uranium et radium III que

$95 \cdot 10^{-6}$ E. D. correspondent à $6,048 \cdot 10^{-5}$ g U (sans descendants — préparation neuve)

$$1 \text{ E. D. } \frac{60,48}{95} = 0 \text{ g. } 63 \text{ Ur}$$

$$277,2 \cdot 10^{-6} \text{ E. D. } 25,4 \cdot 10^{-12} \text{ g Ra (quatre radiateurs)}$$

$$1 \text{ E. D. } \frac{25,4 \cdot 10^{-6}}{277,2} = 0,0916 \cdot 10^{-6} \text{ g Ra}$$

ainsi $0,0916 \cdot 10^{-6}$ g Ra équivalent à 0 g 63 U
 1 g Ra (quatre émetteurs) équivaut à $6,8 \cdot 10^6$ g U

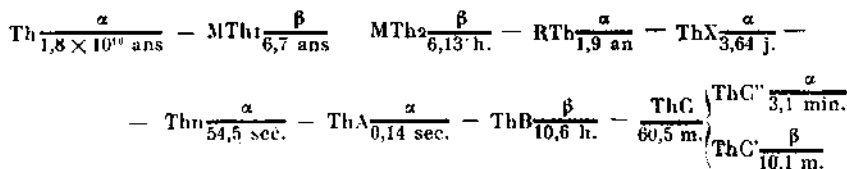
Si l'on se reporte à la « Radioactivité » de Mme Pierre Curie on trouve que le courant d'ionisation produit par l'absorption complète dans l'air des rayons α émis par 1 g d'uranium (UI+UII) est 1,45 UES et l'absorption totale dans l'air des rayons α émis par 1 g de Ra en une seconde dans l'angle 4π produit un courant dont la valeur prévue d'après le nombre de particules émises et le nombre d'ions produits par chacune d'elles est $2,4 \cdot 10^6$ U. E. S. Les mesures d'ionisation faites à l'aide de couches minces de sels obtenues par évaporation de solutions diluées confirment ces prévisions. Ainsi à poids égal, l'activité totale du radium privé de ses dérivés est à celle de l'uranium (UI+UII) dans le rapport $2,4 \cdot 10^6 / 1,4 = 1,7 \cdot 10^6$

La coïncidence parfaite entre ce chiffre et celui que l'on déduit des mesures avec les deux étalons plaide en faveur de l'exactitude de leur dosage et aussi de la supposition que les lames les plus minces (ordre 0g.5) émettent à peu près intégralement leurs rayons α

Préparation au Thorium. — Courbe à branche ascendante.

On prévoit a priori que les préparations au thorium seront beaucoup plus difficiles à utiliser que celles à l'uranium ou au radium. Cela tient au rôle joué par le mésothorium et ses descendants en particulier le Thorium X et le Thoron.

La descendance est la suivante et accuse six émetteurs α



La période du Mésothorium I est longue et il est difficile de certifier la teneur du Thorium en Mésothorium autrement que par la certitude de la date de préparation. Celui qui nous a servi provient de la collection de l'Institut de Chimie de Strasbourg. Il devrait dater d'une trentaine d'années. Mais on ignore absolument s'il n'a pas été soumis depuis cette époque à certains traitements qui l'auraient privé

de plus ou moins grande partie du mésothorium, radiothorium, etc. C'est une supposition que nous faisons en indiquant, comme cela a été dit au paragraphe précédent, que la préparation est saturée. Certains faits que l'on verra plus loin ne paraissent pas d'accord avec cette hypothèse. On ne peut pas non plus assurer la pureté du produit, il contient sans doute un peu d'uranium-radium. *Telle qu'elle est la préparation* a permis le tracé d'une courbe très satisfaisante au point de vue de la concordance des mesures exécutées le même jour 5 octobre 1938 (1)

Tableau IX
Etalon au Thorium

	Masse	n-n ₀	Etalon		N ₀	N 528000/t	N-N ₀	A. 10 ⁶
			m.	sec. t				
Etalon Thorium 3,77.10 ⁻⁵ gr. Th/g 5 octobre 1938	0,5	19	5	22 322	28	1639,6	1611,6	54,1
	5	31	5	22 322	28	1639,6	1611,6	38,3
	18	63	5	25 325	34	1624,6	1590,6	181,9
	30	93	5	30 330	23	1600	1577	270,6
anciennes mesures 17 juillet 1935 " " "	0,500	13	8	10 490	32	1078	1046	38,0
	5,539	38	9	30 570	23	926	903	127,7
	11,232	45	9	10 550	32	960	928	148,3
	16,848	59	9	10 550	32	960	928	194,5
	22,464	81	9	10 550	32	960	928	267,1
Autre série 23 juillet 6 août 7 août	5,539	36	9	17 557	21	948	927	118,8
	16,848	80	9	37 577	21	916	895	307,7
	22,464	106	9	36 576	24	916	892	363,6

La préparation avait été conservée depuis 1935 dans un flacon bouché et paraffiné. Les mesures faites à cette époque tout de suite après la préparation sont moins régulières. La courbe diffère un peu de la précédente (en pointillé) Th₂ et la coupe vers le point correspondant à la masse 6 à 7 g environ. Des observations faites un peu plus tard, alors que la préparation étalonée avait absorbé de l'eau ont donné des nombres plus forts, ce qui s'explique très naturellement par l'émission plus facile du thoron par les hydrates ou solutions.

Ce qui frappe immédiatement c'est l'allure très particulière des courbes de thorium. Il n'y a plus de palier, mais au contraire une partie ascendante où l'ordonnée varie à peu près proportionnellement à l'abscisse. (Tableau X).

La première idée qui vient à l'esprit est d'attribuer la différence offerte par les courbes du Radium et du Thorium à une différence entre les absorptions et les parcours de leurs rayons α. Si ces données respectives peuvent avoir une part dans cette allure, elles ne sauraient en expliquer totalement l'existence.

Mme Hée se propose d'étudier le rôle de la matière inerte enrobant la substance active : dans les roches la constitution chimique et la densité varient dans certaines limites et influencent probablement le rayonnement. Il convient d'attendre les résultats des expériences qu'elle a l'intention de faire pour constater s'ils doivent modifier l'explication que E. Rothé donne à la fin de ce travail de la forme des courbes du Thorium ; elle est d'ailleurs fondée sur une idée différente, exprimée déjà dans une de ses publications précédentes (2).

Quoi qu'il en soit on peut dire dès à présent que des roches ne contenant que du radium et pas de thorium présentent des courbes à palier ; que des roches ne comprenant que du thorium et pas de radium, présentent des courbes continuellement ascendantes dont la dernière portion est presque rectiligne ; que des roches contenant à la fois Radium et Thorium offrent des synthèses des courbes précédentes comme celles qui sont représentées dans la figure obtenue par l'addition d'une

(1) Les mesures récentes sur les étalons ont toutes été exécutées par F. Mangeney, aide technique, au mois d'octobre 1938, trois ans après les premières.

(2) Voir Edmond Rothé et Mme A. Hée : Sur une méthode d'étude de la radioactivité. (C. R. Acad. Sc. t. 210, p. 30-32 1940.

des courbes du diagramme du Thorium, que l'on peut construire de la même manière que le précédent, avec les chiffres ci-dessous, obtenus en supposant que les déviations sont proportionnelles aux teneurs à masse égale et que la courbe d'étalonnage correspond à l'équilibre des divers émetteurs. Nous discuterons cette dernière hypothèse.

Tableau X

Diagramme des courbes de substances artificielles au Thorium

Étalon	3,77.10 ⁻⁵	54,1	88,3	181,9	270,6
Courbes	0,2.10 ⁻⁵	2,87	4,68	9,65	14,3
	0,4	5,74	9,36	19,30	28,6
	0,6	8,61	14,04	28,95	42,9
	0,8	11,48	18,72	38,60	57,2
	1,0	14,35	23,40	48,25	71,5
	1,2	17,22	28,08	57,90	85,8
	1,4	20,09	32,76	67,55	100,1
	1,6	22,96	37,44	77,20	114,4
	1,8	25,83	42,12	86,85	128,7
	2	28,7	46,8	96,5	143
	4	57,4	93,6	193,0	286
	6	86,1	140,4	289,5	429
8	114,8	187,2	386	572	
10	143,5	234,	482,5	715	

E. R. et A. H.

Synthèses de courbes

par E. Romé

1^{er} exemple : Je prendrai comme exemple d'application le cas des basaltes sous-océaniques auxquels on attribue la teneur :

$$1,15.10^{-12} \text{ Ra} \quad 0,66.10^{-5} \text{ Th}$$

La courbe de teneur 1,15.10⁻¹² Ra dans les roches, d'après le diagramme, passe par les points :

$$11,5 \quad 13,35 \quad 14,4 \quad 14,5$$

La courbe 0,66.10⁻⁵ Th par :

$$9,5 \quad 15,4 \quad 31,8 \quad 47,2$$

d'où les sommes :

$$1/ \quad 21 \quad 28,7 \quad 46,2 \quad 61,7$$

Le basalte des plateaux donnera :

pour 0,75.10⁻¹² de Ra une courbe passant par les points :

$$7,47 \quad 8,70 \quad 9,4 \quad 9,5$$

La courbe 0,5.10⁻⁵ Th par :

$$7,17 \quad 11,7 \quad 33,6 \quad 35,7$$

d'où les sommes :

$$2/ \quad 14,64 \quad 20,4 \quad 43,0 \quad 45,2$$

Ces courbes résultantes, figure 3, correspondent à des activités intermédiaires entre celles des basaltes et de certaines andésites du plateau central. L'ordre de grandeur des activités est le même.

2^{me} exemple : soit encore un granit supposé riche en Ra comme ceux de Finlande $6 \cdot 10^{-12}$ et moins en Th $2 \cdot 10^{-5}$.

Ra	59,82	69,66	75,18	75,84
Th	28,7	46,8	96,5	143,0
3/ sommes	88,5	116,4	171,7	218,8
Soit encore la constitution $5 \cdot 10^{-12}$ Ra et $1 \cdot 10^{-5}$ Th				
	49,89	58,03	62,67	63,18
	14,35	22,1	48,25	71,5
4/ sommes	64,20	80,1	110,9	134,6

On constate combien est grande sur la courbe (Figure 3) l'influence du thorium : les faibles quantités de Ra en changent évidemment fort peu la forme. L'absence du thorium est rendue manifeste par le palier. (Voir diagramme).

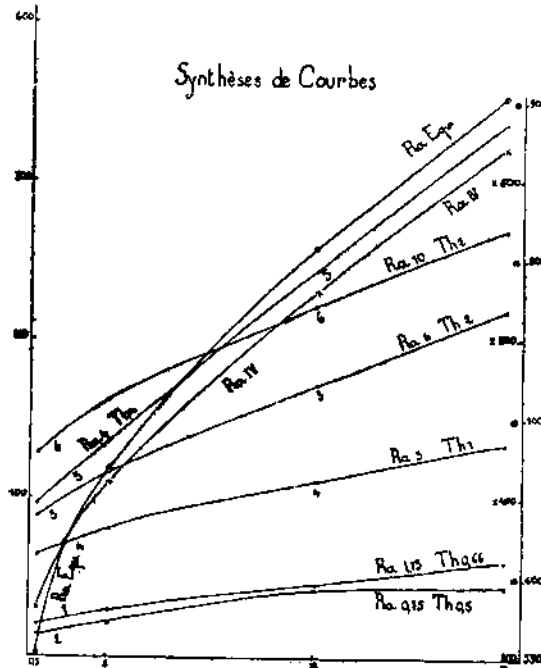


FIGURE 3

tances étalonées ; (première ligne des tableaux servant à la construction des diagrammes p. 23 et 26). Les points correspondants sont marqués des signes \times \odot correspondant aux échelles à droite de la figure et désignées de la même façon.

Les chiffres le long des courbes correspondent aux numéros du texte. Ceux qui accompagnent Ra et Th (teneur) doivent être multipliés par 10^{-12} et 10^{-5} respectivement.

E.R.

Ionisation possible par le potassium

Les diverses roches : rhyolite, granit etc. contiennent des proportions assez importantes de K comme le montrent les analyses.

Nous reproduisons ci-dessous quelques chiffres relatifs à des rhyolites dont nous avons étudié la radioactivité et les constitutions en lames minces. Ils proviennent des analyses publiées autrefois par H. Rosenbusch (1) et plus récemment par M. Mihara (2) (Tableau XI).

(1) H. ROSENBUSCH : Die Steiger Schiefer und ihre Contactzone an den Graniten. Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte von Elsass-Loth. I. p. 391.

(2) SAKABE MIHARA : Etude géologique et pétrographique de la région du Nideck. Mémoires du service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine n° 4, p. 88.

3^{me} exemple. Je prendrai comme exemples de synthèse des granits un échantillon contenant :

$4 \cdot 10^{-12}$ Ra $4 \cdot 10^{-5}$ Th.

C'est un granit de bonne teneur moyenne (voir le livre de Mme Curie).

39,88	46,44	50,12	50,54
57,4	88,4	193	286

5/ sommes 97,2 134,8 243,1 336,5

et $10 \cdot 10^{-12}$ Ra $2 \cdot 10^{-5}$ Th

Granit de très forte teneur en Ra

Ra	99,72	116,06	125,28	126,36
----	-------	--------	--------	--------

Th	28,7	46,8	96,5	143
----	------	------	------	-----

6/ sommes 128,4 162,8 221,7 269,4

4^{me} exemple : Les courbes marquées sur la figure 3 Synthèse des étalons (Ra IV,4 émetteurs) et Synthèse des étalons (Ra Equ, à l'équilibre) sont obtenues par addition des déviations dues aux subs-

Tableau XI
Teneur en potassium

	Van Werveke				S. Mihara		
	XLIII Mais. forest. Neungrürain	XLV Vallée de la Kirneck	XLVI Quartz, por- phyre normal Eftermatten	XLVII Fils de la d'Andlau chaussée de Hebrald	XLVIII Cime du Rosskopf	type sphérolitique Eftermatten	type quartzifère Rosskopf
SiO ₂	75.976	77.048	76.682	77.666	78.205	75.02	75.16
Al ₂ O ₃	13.363	13.136	12.898	11.473	11.592	10.94	13.01
Fe ₂ O ₃	1.533	0.775	1.015	1.397	1.378	0.46	0.58
FeO	»	0.423	0.449	0.156	0.303	2.29	1.38
CaO	1.562	1.087	0.692	0.353	1.114	0.93	0.52
MgO	0.456	0.268	0.404	0.161	0.335	0,62	0.38
K ₂ O	4.421	4.751	4,6/0	4,756	3,918	6,39	4,60
Na ₂ O	3,326	2,956	3,434	3,420	4,249	2,31	2,56
H ₂ O	0,843	0,973	0,719	1,023	0,837	0,73	0,89
TiO ₂	»	»	»	»	»	0,14	0,14
MnO	»	»	»	»	»	0,07	0,10
	101.503	101.417	100.963	100.405	101.931	99,90	99,34
Densité	2,613	2,597	2,587	2,600	2,612		

Comme l'on sait que K possède une certaine radioactivité, on ne peut négliger à priori son action ionisante. Il ne semble pourtant pas que ces quantités de K puissent intervenir dans une mesure par les rayons α . La littérature indique que l'activité est due surtout à des rayons pénétrants β et γ , 5.10^{-11} fois moins actifs que celle du Ra à poids égal. Si l'on admet en moyenne dans 100 g de roche, rhyolite par exemple, 5 % de K₂O soit 3g,7 environ de K, il y aura par gr 0,037 de K. Admettons la teneur de 2.10^{-12} en Ra obtenue par Evans dans une mesure de l'émanation (rhyolite du Rosskopf) (lettre de l'auteur) et désignons par 1 l'activité de 1 g de Ra, celle de 1 g de rhyolite sera 2.10^{-12} pour le Ra et $0,037.5.10^{-11}$ pour le K ou $1,65.10^{-12}$ pour le K; à moins qu'il ne se produise une ionisation puissante par rayons secondaires, l'effet du K dans le dispositif rayon α doit être négligeable. Toutefois nous avons voulu procéder à des vérifications expérimentales. Du chlorure de potassium KCl de masse 21g,090 dans la cuve de 5mm a fourni une déviation en 40 minutes de l'ordre de 30 divisions ce qui n'est pas négligeable, bien que très inférieure à la déviation correspondante pour la rhyolite.

La masse de K correspondante est 11g,05. Cette mesure a été faite sur du sel non desséché.

Des expériences ultérieures nous ont prouvé que la dessiccation parfaite a une très grande importance. En effet du chlorate de K de masse 0g,500, contenant 0g,159 de K donnait 46—32=14 en 40 minutes divisions après avoir séjourné une nuit dans un sac en papier absorbant l'humidité et seulement 1 division après dessiccation.

Des mesures sur des quantités et par suite épaisseurs croissantes de chlorate de K, masses bien desséchées ont donné les résultats ci-dessous

Déviations en 40 minutes		
ClO ₃ K	K	
0g,500	0,159	1
5g,21	1,66	13
18g,	5,78	19
30g,	9,55	19,5

Les déviations ne sont donc pas du tout proportionnelles aux masses comme il faudrait s'y attendre pour des rayons pénétrants β et une autre explication s'impose.

Si, comme certains l'affirment (opinion controversée) il n'y a pas de rayonnement α les chiffres ci-dessus analogues à ceux qu'on trouve pour les diverses roches, doivent être attribués à la présence de traces de Ra en très faible quantité de l'ordre de $0,1.10^{-12}$ g/g.

Ce sont là des traces, de la *matière dispersée* qui peut exister même dans un produit dit pur du commerce.

Le fait que l'humidité augmente la déviation s'expliquerait alors par un dégagement plus facile d'émanations par un sel humide, tout autant que par une fuite due à l'humidité même. (Il serait utile de vérifier la présence d'émanation dans une solution concentrée du sel du commerce, ce qui leverait tout doute sur l'explication proposée).

En résumé tandis que le rayonnement du K intervient puissamment dans les prospections sur le terrain ou dans toutes les expériences sur l'action β dans des électromètres cuirassés, il semble qu'on puisse légitimement en négliger l'effet dans les mesures électrométriques actuelles.

E. R. et A. H.

Ce que peut nous apprendre l'étude des laves

par E. ROTHÉ

La découverte de la radioactivité a été presque immédiatement suivie de recherches sur l'activité des laves. Les géophysiciens se posaient cette importante question : les profondeurs du sol contiennent-elles des quantités notables de substances actives, rares à la surface et les éruptions servent-elles à leur transport ; d'autre part, l'examen des proportions entre ascendants et descendants ne permettrait-il pas une évaluation de l'âge des diverses coulées de laves ; il ne faut donc pas s'étonner que quelques années après la découverte de P. Curie la bibliographie relative à ce sujet ait déjà été fort abondante. On trouve un bon exposé de la question ainsi que l'indication des principaux travaux exécutés dans cette voie dans l'ouvrage « Die Radioaktivität von Baden und Quellen ».

Dans le livre de Mme Curie « Radioactivité Hermann Paris 1935, page 488 », on lit que les laves Vésuviennes peuvent contenir jusqu'à $16 \cdot 10^{-12}$ gr. de Ra par gr., valeur évaluée par rapport à la moyenne des roches.

Fletcher a étudié les laves rapportées de l'Antarctique par Shackleton, avec l'idée de trouver le rapport existant entre le Thorium et le Radium. Comme cette question a trait aux relations dans les roches de ces deux *chefs de famille*, je reproduis ci-dessous un tableau de quelques résultats :

Lave	Ra 10^{-12}	Th 10^{-3}	Ra/Th 10^{-7}
Mont Erebus, Ross Sund	2,17	1,45	1,5
Cap Rayds	1,46	0,7	2,0
Modifiée par Peau des Geysers	4,02	1,84	2,2
Muids Sund (spongieuse)	0,58	0,47	1,2
Mont Erebus (Trachyte basique)	2,16	1,30	1,6
Cap Rayds (Dolérite trachytique)	1,3	0,8	1,6

Ces rapports ne sont pas assez voisins et les analyses ne paraissent pas assez précises pour qu'on puisse en tirer une loi.

En comparant les teneurs en Ra à celles des autres roches, on a cru pouvoir dire que les laves en sont plus riches. Il est vrai que certaines d'entre elles en contiennent beaucoup, mais ce n'est pas un fait général. En Thorium, la teneur des laves est à peine plus grande que celle de certaines roches magmatiques.

Certains auteurs ont cru pouvoir conclure à un accroissement d'activité au cours des siècles : si cette augmentation est véritable pour certains volcans, elle ne l'est pas pour les laves Vésuviennes dont la composition est demeurée la même depuis les temps les plus reculés. Joly a voulu expliquer l'augmentation par une concentration du Ra dans les couches profondes qui ne seraient entrées que plus tard en éruption.

Il semble bien que, dans toutes ces questions, on s'est appliqué à chercher des lois générales, alors que les circonstances du phénomène sont en réalité locales. Ce sont des études pétrographiques sur des échantillons déterminés qui doivent accompagner les mesures électriques de la-

boratoire. Les intéressants travaux de Nasini, Becker, de Rossi, Joly, Gockel ne conduisent pas à des conclusions susceptibles de généralité.

Disposant d'échantillons aimablement mis à ma disposition par M. A. Lacroix, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences (Volcan de la Réunion), M. Signore, Directeur du bureau de volcanologie de l'Union géodésique et géophysique internationale (Vésuve), M. Rohmer, Directeur de l'Institut de physique du Globe, de la Martinique, j'ai trouvé de l'intérêt à leur appliquer la méthode graphique qui fait l'objet de ce mémoire global.

(Les mesures ont été exécutées par Mme A. Hée).

Les nombres entre crochets indiquent, en unité Danne, les activités pour 0g,5, 5, 18 et 30 g.

VOLCAN DE LA RÉUNION

(Voir l'ouvrage spécial de A. Lacroix, Paris, Gauthier-Villars), dont les pages sont indiquées.

- I. — Océanite (Eruption de 1931), quatre mètres au-dessous de la surface : n° 31, p. 377.
Inappréciable.
- II. — Basalte à plagioclase et olivine n° 48, p. 212 : Faible activité (Radium).
- III. — Basalte (cône externe), descente du Latanier de la plaine des Cafres : n° 36, p. 191.
[8,7 17,5 17,5 52,8]
- IV. — Gabbro — bloc du ruisseau de la Chapelle n° 11 163, p. 237. Pas d'activité.
- V. — Basalte (cône externe), riche en olivine — Bas pîton, plaine des palmistes, p. 191. Faible.
- VI. — Syénite quartzique. — Chapelle des Cilaos — p. 246, n° 72 :
[27,3 45,6 57,5 56,6]. — Radium.
- VII. — Labradorite, Rempart de Bélouve — p. 225, n° 54, Andésite Oligoclasique périoditique :
[2,9 14,5 39,5 40,9]. — Radium
- VIII. — Basalte à plagioclase. — Etang Salé, p. 211, n° 46 : très faible activité.
- IX. — Lave de 1936, p. 161, n° 18 : très faible activité (Radium).
- X. — Dunite — Rivière du Mât — p. 233, n° 62 : Inappréciable.
- XI. — Trachyte — Chapelle des Cilaos — p. 227 : [20,9 29,8 107,3 161,2]
- XII. — Basalte — Coulée de 1907, Grand Brûlé (type p. 160 n° 7 ?) : Faible activité.
- XIII. — Andésite augitique, ravine Benjoin, p. 225, n° 56 : faible activité.
- XIV. — Basalte (stalactite). — Grotte dans coulée grandes pentes, analogue à Chapelle de Rosemont, p. 171, n° 24 : faible activité.
- XV. — Basalte à plagioclase :
[13,6 13,6 24,6 43,0]

CONCLUSION. — Si l'on compare ces résultats à ceux des paragraphes suivants, on constate que les courbes des basaltes de la Réunion, de très faible activité d'ailleurs, sont analogues à celles des masses actives du plateau central ou autres gisements. Mais les plus actives sont les trachytes : on peut rapprocher leurs courbes de celles du Mont Dore (voir plus loin).

Je reproduis ci-dessous à titre de comparaison, les compositions publiées des basaltes III et de celui d'Alsace (Gundershoffen) :

	III	XV (analogue)	Gundershoffen	
SiO ²	46,68	46,27	52,6	Le n° XIII Andésite augitique, ravine Benjoin est nettement moins active que les échantillons du plateau central que nous avons eu l'occasion d'examiner.
Al ² O ³	13,59	18,43	14,2	
Fe ² O ³	6,27	3,98	} 11,4	
FeO	6,56	8,22		
MnO	0,10	»	»	
MgO	8,71	3,75	6,4	
CaO	10,44	12,33	9,1	
Na ² O	2,48	2,58	2,9	
K ² O	0,71	0,96	1,1	
TiO ²	3,34	2,98	0,6	
P ² O ⁵	0,35	0,33		
H ² O +	0,95	»	2,1	
H ² O —	0,33	»		
	<u>100,23</u>	<u>99,83</u>		

MONTAGNE PELÉE (La Martinique)

A. N° 62. — Morceau d'un grand bloc de nuée ardente (décembre 1929) situé entre la Rivière Blanche et la Rivière Claire, à 300 mètres de la mer : Pas d'activité.

B. N° 115. — Morceau d'un bloc situé sur le dôme à 1.410 mètres de la bouche de la fumerolle dite « fumerolle sèche » : Pas d'activité.

C. N° 105. — Dacitoïde — Roche émise en mars 1932 — sommet du nouveau dôme : activité très faible.

D. — Dacitoïde altérée — Roche de 1905 Pied du dyke dit « Dent Ouest » : faible activité.

E. — Dacitoïde — Grande aiguille de 1902 (Vieux dôme) : pas d'activité.

F. — Echantillon provenant du sommet du nouveau Dôme. — Fragment de la roche dite « Table du Diable » : activité très faible.

G. — Dacite du Piton du Corbet — Recueillie au Pont de l'Alma : (Cette roche qui présente une activité ne provient pas de la montagne Pelée). [0 2,9 23,2 37,7]

H. — Gabbro. — Rivière Falaise (Massif de la Montagne Pelée) : c'est un échantillon de l'ancienne masse montagneuse. Pas d'activité.

CONCLUSION. — Les échantillons de A à F sont constitués, par des laves récentes de la montagne Pelée dont la composition n'a pas varié. (Voir le volume de A. Lacroix de 1904 et ses analyses plus récentes).

Le fragment H est probablement une roche grenue, provenant d'un tuf de l'ancienne montagne Pelée. Il n'existe, en effet, à la Martinique, que des laves. Le Carbet, d'où provient G est un massif montagneux à aspect érodé et d'âge inconnu, complètement distinct de celui de la Montagne Pelée, dont les roches ont la même composition chimique. Au point de vue minéralogique les *dacites* qui constituent le Carbet ne diffèrent des *dacitoïdes* qu'en ce que la silice libre y existe sous forme de quartz, tandis qu'à la Montagne Pelée elle est restée à l'état potentiel. (Renseignements communiqués par M. Lacroix). Sur la figure 5, la courbe de l'échantillon G est représentée en petits traits..

VÉSUVÉ

Monsieur Signore m'a adressé deux envois dont il a choisi et récolté lui-même les différentes pièces. Le premier ne contenait que des laves récentes qui ont été étudiées d'abord ; très beaux échantillons dont quelques uns sont couverts de sublimations cristallisées, ils proviennent tous du cratère.

Echantillons du cratère

- I. — Lambeau de lave récente :
[123,0 152,9 153,1 151,2]
- II. — Lave avec dépôt de sublimation :
[133,1 238,3 292,6 343,3]
- III. — Coulée de lave du 23/5 1937 :
[100,8 127,6 133,0 148,5]
- IV. — Lambeau de lave avec dépôt de sublimation : [87,5 162,7 191,6 188,1]
- V. — Lave récente de 1937 :
[93,7 129,1 149,2 158,7]
- VI. — Lave récente :
[88,0 126,4 146,9 144,0]

Laves du Vésuve

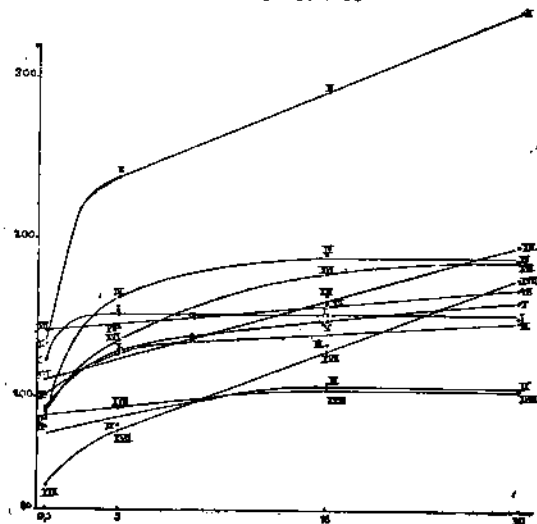


FIGURE 4

CONCLUSION. — Elle est très nette : tous les échantillons communiqués par M. Signore sont très actifs et leur radioactivité doit être attribuée pour la plus grande part, au radium. Les courbes, II exceptée, sont à faciès de *palier*. La courbe II est au contraire ascendante et accuse la présence du Thorium.

Comme la plupart de ces laves sont très poreuses, il est probable que les émanations peuvent facilement se dégager ; de là les irrégularités constatées au cours des mesures (Figure 4).

Le second envoi contenait quatorze échantillons (VII à XX) provenant de coulées d'âge divers, certaines d'âge inconnu. Quelques courbes ont été tracées dans la figure 4 ; d'autres s'intercalent entre celles-ci comme l'indique la nomenclature suivante :

ECHANTILLONS DE COULÉES D'ÂGES DIVERS

- VII. — Bombe 1900-1903. — Points à peu près en ligne droite peu inclinée : assez forte teneur en radium. [142,6 144,1 165,3 170,3]
- VIII. — Lave 1858. — Courbe ascendante intercalée entre les précédentes. Mesures très irrégulières.
- IX. — Lave époque inconnue. — Assez forte teneur en radium : [82,2 83,3 109,4 106,7]
- X. — Bombe 1827. — Gave San Veto. — Activité de radium. La dernière partie de la courbe s'adapte au palier de I d'éruption récente : [106,7 119,7 151,0 144,1]
- XI. — Lave 1895. — Même allure générale que IV récente et XVI. (Lave Ceneri 1906, très voisine de cette dernière : il semble que la porosité intervient dans la forme sans doute par dégagement d'émanation). [94,5 131,2 163,8 172,3]
- XII. — Lave 1867 ? — Courbe rectiligne ascendante : radium et un peu de thorium. [110,0 136,0 159,1 196,1]
- XIII. — Lave 1872 ou 1867 ? — : Courbe en palier, activité marquée de radium. [117,1 150 152,8 153,4]
- XIV. — Lave 1872. — Courbe identique à V, lave récente de 1937, Gave S. Vito : [93,6 128,7 149,0 161,3]
- XV. — Lave de 1834. — Semblable à V et XIV, sinon identique : [93,6 136,2 144,7 156,1]
- XVI. — Lave Ceneri 1906. — Belle courbure au début, palier à la fin. Forte activité de radium : [90,7 136,1 177,9 187,3]
- XVII. — Lave Pozzolana del Monte Somma. — Courbe montant rapidement dès l'origine : faible activité au début ; forme caractéristique de la présence du Thorium. [45,2 79,3 128,9 175,9]
- XVIII. — Lave avril 1872. — Presque rectiligne, très voisine de IX. [88, 93,6 104,9 105,7]
- XIX. — Lave Ceneri, avril 1938. La partie supérieure se place près de la courbe Ceneri de 1906. [123,2 146,1 160,4 182,6]
- XX. — Lave de l'éruption de 1906. — La courbe à l'allure radium, mais les mesures ont été très irrégulières. [82,2 88,2 165,9 151,2]
- Activation fortuite

CONCLUSION. — La conclusion générale de ces mesures sur vingt laves du Vésuve ne me paraît pas douteuse. Toutes sont très actives et les quantités de radium y sont notables. La seule courbe à grande proportion de thorium est le n° II, lave récente avec sublimation. Des courbes de laves récentes et laves anciennes coïncident ; le volcan, (tout au moins pour les coulées dont des échantillons m'ont été communiqués, garde au point de vue de la radioactivité des caractères immuables.

La courbe IX d'époque inconnue coïncide presque totalement avec XVIII d'avril 1872. D'après ce qui précède, ce n'est pas une raison suffisante pour la dater : elle a toutefois les mêmes propriétés de radioactivité et il n'est pas impossible qu'il s'agisse du même magma.

E. R.

VOLCAN FOSSILE ARTHUR'S SEAT

Lors de la sixième conférence de l'Union géodésique et géophysique internationale, en septembre 1916, les délégués eurent l'avantage de visiter sous la conduite des éminents géologues d'Ecosse, l'ancien volcan Arthur's Seat.

Dans la ville même, aux portes du château d'Holyrood, célèbre par les souvenirs de la reine Marie se dresse une colline de forme toute particulière. De certains endroits, comme de la digue « Fishwives

Causeway » (Portobello Road), on la voit se profiler sur le ciel et, avec un peu de bonne volonté, on distingue en silhouette la tête et le corps d'un lion dans une attitude de sphinx. C'est le sujet du frontispice et de la première planche du livre de T. Cuthbert Day — Arthur's Seat, a ruined Volcano). Ce lion apparaît comme le gardien de l'Ecosse et du Midlothian et l'on ne s'étonne pas que l'imagination populaire ait fait de cette sorte de colline sacrée, aujourd'hui parc national, Arthur's Seat la demeure du roi Arthur ou Arthurus, prince légendaire des Breagnes et du Pays de Galles. Le nom curieux de ce volcan fossile appelait une explication.

Au moment où E. Rothé s'occupait de la radioactivité des volcans modernes, il lui a paru utile de mesurer aussi l'activité des couches d'un volcan très ancien. Aucun n'était mieux désigné que celui-ci, de masse énorme, enseveli sous des couches géologiques successives, soumis aux dégradations météorologiques et à l'action du temps, mais dont l'érosion a respecté les différents caractères. C'est incontestablement un des points du monde les plus curieux au point de vue de la géologie des volcans éteints et les Ecossais en sont fiers, à juste titre : il existe dans les collections du Royal Scottish Museum, une représentation en relief très fidèle, très finement étudiée de la colline tout entière avec des échantillons des diverses couches. Il était naturel que de nombreuses études en fussent faites. Parmi les savants qui ont le plus contribué à en interpréter les faits, il convient de citer Ch. Maclaren : en 1839, il démontra clairement la nature volcanique du massif, mais crut qu'il s'agissait de deux éruptions successives à très longue échéance.

Sir Archibald Geikie en fit la première étude cartographique pour le Geological Survey et confirma les études de son prédécesseur, tout en prouvant qu'une partie de la colline constitue un cratère et attribuant l'éruption à l'époque Permienne. En 1875 le Professeur Judde défendit dans son important mémoire l'idée que les agglomérats centraux et les roches ignées associées se trouvent à l'intérieur d'un vaste cratère d'où sont sorties les laves et les cendres enlées : c'est donc *une sorte de moule fossile de l'ancien volcan*. Les études du Geological Survey ont continué avec le Dr B. N. Peach F. R. S., célèbre géologue Ecossais, qui apporta dans ce travail son expérience et son talent d'interprétation. Son mémoire « of the Geological Survey Scotland » « Description of Arthur's Seat Volcano », qui fut réédité et dont l'ouvrage de Day est un résumé populaire richement illustré, me servira de guide pour l'exposé résumé suivant.

L'histoire d'Arthur's Seat en tant que cratère actif constitue un épisode des premiers temps du carbonifère, puisque ses restes sont compris et en partie ensevelis à travers les schistes à la base même de l'étage carbonifère. Lorsqu'eut lieu la première éruption, le volcan apparut probablement dans une contrée marécageuse à peu près unie, recouverte sur une large étendue par des lagunes et portant une végétation caractéristique des premiers temps de l'âge carbonifère inférieur avec des touffes de roseaux, de Lycopodiées, de Lépidodendrons, de Sigillaires et de Fougères. (Voir H. M. Cadell, Rocks of West Lothian).

Lorsque l'activité prit fin, le cône volcanique se dégrada par dénudation et, ensuite, une subsidence du terrain s'étant produite, il disparut sous les eaux de la mer, et fut graduellement recouvert par des milliers de pieds de sédiments calcaires. Au cours des âges, il se produisit des modifications profondes dans la nature des phénomènes et des mouvements, si bien que, par suite d'un soulèvement, le terrain monta de nouveau au-dessus du niveau de la mer. A mesure que le terrain montait, les agents de dénudation, agissant sans interruption pendant de longues périodes d'années, dépouillaient la masse de la matière qui le surmontait.

C'est ainsi que les restes d'Arthur's Seat parvinrent de nouveau au jour ; mais, dans l'intervalle, les couches qui l'entouraient s'étaient notablement inclinées et plongeaient dans la direction de l'Est. Le volcan s'éleva sous forme de colline à 822 pieds au-dessus du niveau de la mer : sa forme et les caractères de son état actuel sont dus à des différences dans le pouvoir de résistance aux agents de dénudation, ce que les Anglais appellent « *durabilité* ». L'état final, bien que produit par des changements divers, sans liaisons apparentes, se présente en une réelle beauté naturelle que les D^s Marc Gregor et Robertson ont eu l'obligeance de nous montrer en détail.

Faire l'étude de ce volcan fossile, c'est bien satisfaire au vœu de M. de Launay que je rappelais dans ma première leçon sur le volcanisme : comparer aux volcans actuels en activité les volcans éteints, remontant probablement à des millions d'années.

« De même que l'érosion réduit lentement des cimes alpines à l'état de plateau, comme l'Ardenne ou la Bretagne, que plus une chaîne de montagnes est vieille, plus elle est aplanie, de même on peut admettre que plus un volcan est vieux et plus on pénètre dans sa profondeur. »

Et M. de Launay pense que si l'on arrive à superposer des coupes d'un volcan primaire, d'un secondaire, d'un tertiaire et d'un actuel, on peut confondre cette superposition avec celle d'un même volcan en activité.

yBd, Idem. — Dunsapie Type Long Row Basalt.	30	8	8 1	481	35	1098	1063	23,0
zBd, Idem. — Markle Type Holyrood Parck — Queens drive	30	15	7 57	477	35	1107	1075	43,8
Sof East Lodge								
Owd, Mugearite Lávas (à l'E de Dunsapie Loch, partie centrale de Arthur's Seat	30	7	8 02	482	34	1095	1065	20,1
Intrusives								
Basalt and Dolerites								
qD Quartz Dolerite, remplacé par un échantillon de l'Ouest de Calton Hill ; spécimen, altéré, éléments ferrugineux remplacés par des ferromagnésiens.	0,5	0	» »	» »	» »	» »	» »	0
	5	4	8 5	485	30	1089	1059	11,5
	18	3	8 5	485	26	1089	1063	8,6
	30	3	8 5	485	26	1089	1063	8,6
tD Teschenite (partie centrale de Salisbury Craigs).	30	8	7 57	477	35	1107	1072	23,4
vD Dalmeny Type (Lions Head, Arthur's Seat).	30	9	8 0	480	34	1100	1066	25,8
xD Craiglockhart Type (dans Winny Hill outre les coulées V et VI).								très faible
yD Dunsapie Loch	30	5	7 57	477	33	1107	1074	14,6
Intrusives								
Dans les cratères								
BVd, Agglomerats Bands (Lions Haunch, Arthur's Seat).	30	11	7 57	477	35	1107	1072	32,1

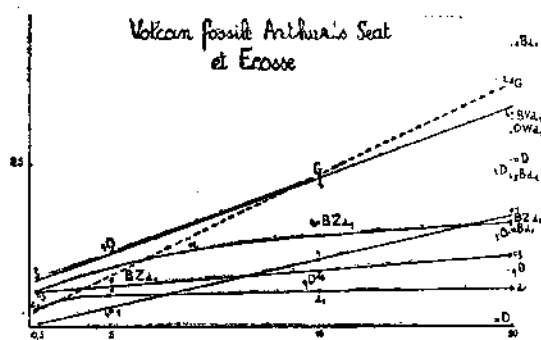


FIGURE 5

A ces observations j'en joindrai quelques autres sur des roches d'Ecosse.

Ecosse

Au cours de l'excursion séismologique de l'Union à la faille de Menstrie, E. Rothé a recueilli des échantillons de roches de l'Ecosse dans une carrière Castle Craig Quarry-Telllicoultry Clackmanan Sherd d'où il a rapporté une diabase quartzifère (1) et dans une deuxième station Greorn Hill d'où proviennent une Andésite Labrodorite, Devonian Lava (2), un deuxième échantillon de diabase quartzifère à grain fin (3) dont un morceau était accompagné de pegmatite (3 bis) et enfin une diabase quartzifère à gros grain (quartz dolérite, suivant les géologues anglais).

Ces échantillons ont conduit aux résultats ci-dessous pour 0 g 5 18 et 30 g.

1	{0	2,5	10,3	18,0}
2	[7,7	12,6	23,2	38,6]
3	[5,1	5,1	5,3	23,8]
3 bis	[10,3	20,7	la pegmatite supprimée il ne restait plus assez de matière]	
4	{0	2,5	15,9	33,1}

CONCLUSION. — Les quelques courbes que j'ai cru bon de représenter sont tracées à échelle d'ordonnée amplifiée quatre fois afin de faire ressortir les faibles différences observées. On voit sur la figure 3 que les laves et couches d'Arthur's Seat (mesures pour 30 g) possèdent des activités faibles, mais de l'ordre de celles de certaines roches basaltiques intrusives ou éruptives actuelles. Des courbes ont été tracées ou marquées pour d, c, qD et BZd. La conclusion qui s'impose est que les matières constituant Arthur's Seat contiennent, comme les roches environnantes, des substances actives en faible quantité. J'ai déjà appelé l'attention sur les difficultés des mesures tenant tout d'abord à la grandeur de la fuite permanente. La nécessité de mesures répétées, la divergence de certains résultats, le fait que les points obtenus s'écartent parfois de la courbe moyenne, tandis qu'en général, la précision est meilleure, tiennent à *mon avis personnel*, à ce que les submersions et érosions n'ont pas agi d'une façon homogène dissolvant inégalement les corps actifs d'une même couche si bien que les mesures de 0g 5 5 18 30 ne correspondent pas aux mêmes teneurs. Le défaut d'homogénéité est une difficulté générale dans les études de roches, mais il me paraît particulièrement accentué dans le cas actuel.

Certains basaltes sont très peu actifs : le même résultat sera signalé dans les recherches suivantes. Ma conclusion est donc que *la radioactivité de ces coulées dépend de la nature du magma en jeu aussi bien pour les volcans anciens ou fossiles que pour les plus récents.*

M. Robertson a eu l'obligeance de se renseigner auprès de M. le Professeur Holmes, dont les travaux sur la radioactivité font autorité, sur les études faites dans la région d'Edimbourg. Il ne croit pas que jusqu'à présent aucune recherche ait été faite sur le volcan Arthur's Seat.

D'autre part, le Dr W. Urry du Research Laboratory of Physical Chemistry (Massachusetts, Institute of Technology, Cambridge) s'est occupé de quelques basaltes carbonifères de Grande Bretagne. Ce savant a bien voulu m'indiquer qu'il n'avait qu'un seul échantillon venant d'Edimbourg, de Blackford Hill. L'analyse se rapportant à la roche la plus voisine de celles que nous avons eues à notre disposition provient de la Friarton Quarry, Perth en Ecosse : c'est une lave basaltique andésitique du Lower old red Sandstone récoltée par le service géologique du Museum de Grande Bretagne. Elle contient $2,36 \times 10^{-12}$ gramme par gramme de Ra et $1,42 \times 10^{-6}$ gr. par gr. de Thorium. Elle est plus riche en Ra que celles dont il s'agit dans ce mémoire ; elle atteint la teneur en Ra de la rhyolite du Roßkopff dont nous nous occupons en détail.

E. R. et A. H.

Application aux roches éruptives du Plateau Central

par E. ROTHÉ

J. P. Rothé, maître de Conférences à l'Institut de physique du globe de Strasbourg, a bien voulu en août 1937 réunir en vue de ces études, des échantillons bien caractérisés de la plupart des roches du plateau central auxquels la méthode à épaisseurs variables a été appliquée ; l'origine de la roche, le lieu où l'échantillon a été récolté ont été soigneusement indiqués. Il nous a également conseillé pour nombre de prospections dans les régions des Hautes Vosges et de Ribeauvillé

Nous indiquerons ci-dessous, pour chaque région successive les résultats numériques, toujours comme précédemment, en unités relatives (étalon Danne) et les conclusions auxquelles conduit l'examen des courbes tracées dont seules les plus caractéristiques seront reproduites dans ce mémoire. (1).

(Les quatre nombres inscrits s'appliquent toujours aux masses déjà indiquées 0g,5 5, 18, 30 grammes).

1^o RÉGION DES PUYS (Figure 6)

1. — Lave de Volvic, taillerie à l'entrée de Volvic ; lave émise par le volcan de la Nugère (α^1 , carte géologique de Clermont ; symbole C α q, chaîne des Puys par Ph. Gilangeaud symbole G) :

[23 27 40 40]

(1) Les mesures ont été faites par l'aide technique F. Mangeney ainsi que la plupart des calculs des divers paragraphes.

2. — Lave de Volvic, Andésite quaternaire, échantillon de la carrière située au passage à niveau de la gare de Volvic, 2 km 700 au S. W de Volvic, au hameau dit le Cratère (α^4 C. αq G) :

[16,3 24,6 36, 36]

3. Lave de la Louchadière, labradorite augitique à pyroxène. Route de Volvic à Pontgibaud, au tournant de la route à 2 km 300 au SW de l'église de St-Ours [7 14 17,1 30,3]

4. — Projections andésitiques, soories : cratère supérieur du Puy Pariou ($\alpha^2 + \alpha^4$: $\alpha^2 \alpha^4$ projections andésitiques, $\alpha^2 \alpha^2$ débris trachytiques C ; $S \alpha q$ G. Quatre échantillons ont été recueillis — (Examen en plaque mince).

[13,0 44,2 115,1 152,9]

5. — Idem ; cratère inférieur du Pariou, deux échantillons : (plaque mince).

[11 63,5 200 347]

6*. — Gneiss granulitique ($\xi \gamma^1$ C) — sortie sud d'Orcines : (Route I. C. 90).

[26,9 28 31,1 33,6]

7. — Projections basaltiques ($\alpha^2 \beta^1$ C) ; versant Nord du Puy de la Vache ; au bord de la route I. C 5 de Pardon à Randanne. [Néant]

8*. — Granit provenant d'un noyau de bombe, carrefour I C 5 et vieille route de la Cassière (Puy de la Vache) :

[20,0 25,7 34,5 40,4]

9. — Basalte β^1 C (scoriacés postérieurs aux autres éruptions) ; Cheire d'Aydat : route nationale de Randanne à la Cassière :

[23 30,4 33 38]

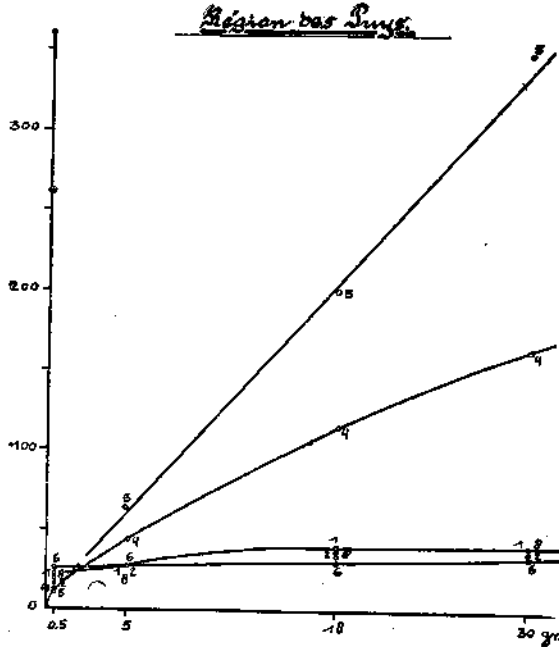


FIGURE 6

CONCLUSION. — D'après les chiffres et les courbes de la figure 6 on peut dire : les laves de Volvic 1,2 contiennent de très petites quantités de radium tandis que l'activité de la Louchadière 3 est due à un peu de thorium et que les échantillons andésitiques, trachytiques 4 et 5 contiennent une plus grande proportion de ce dernier métal ; les projections andésitiques 5 du cratère inférieur du Pariou offrent une courbe très caractéristique ; la courbe 4 à déviations moins grandes que celles de la précédente doit correspondre plutôt aux projections trachytiques que andésitiques, car elle se rapproche beaucoup de celles des nos 13 et 14 (voir ci-dessous). Les gneiss 6, le granit 8 contiennent de petites quantités de radium ; ils sont signalés par un astérisque en tant qu'ils correspondent à des roches antérieures aux roches tertiaires et quaternaires ; 7 est entièrement inactif ; le basalte 9 de la cheire d'Aydat se rapproche beaucoup de ceux du Mont-Dore. (Voir ci-dessous).

Les points figuratifs des diverses courbes représentées sont marqués du numéro d'ordre de la courbe correspondante. Lorsque celles-ci sont très voisines une seule a été tracée. Fig. 6.

2° MASSIF DU MONT-DORE (Fig. 7)

10. — Basalte sur pliocène supérieur (β^2 G ; β^3 d'après le 1/320.000 ; β^1 , β^2 projections basaltiques pliocènes d'après C :

[22,1 42,8 65 68,5]

11. — Andésites augitiques à hornblende $\alpha^3 \beta$, superposées aux nappes trachytiques et inférieures aux phonolites (route de Clermont au Mont-Dore, au grand tournant avant la roche Sanadoire, pente N du Puy de l'Ouire. La carte au 1/320.000 indique τ^1 — trachyte pliocène :

[37,2 63,7 71,7 83,9]

12. — Phonolite pliocène φ_1 ; (roche Sanadoire), riche en sphène ; pyroxène, haüyne, (plaque mince).

Minéral très actif (étudié aussi sur place par la méthode des radiations pénétrantes : travail de E. Rothé et D. Milcoveanu à paraître ultérieurement) :

[42,9 146,3 345,1 500,7]

13. — Trachyte du Mont-Dore τ_1 : banc supérieur de la grande cascade (Mont-Dore) (plaque mince) :

[13,8 83,2 154,8 190,9]

14. — Trachyte à Sanidine $\tau' C$ ou trachyandésite $\tau \alpha$ (feuille Brioude n° 175 pilon terminal du Puy de Sancy :

[38,9 79,2 165,7 196,3]

(plaque mince)

15. — Basalte β' Basalte des plateaux reposant sur le miocène C ; β , basalte pliocène d'après

1/320000. Route du Mont Dore à Besse :

2 km 3, SSW de l'église du Chambon vers

la cote 1150 m. et à l'Est de la vallée de

Chaufeufour :

[20,4 22,8 33,5 40]

16. — Recueilli dans le lac Pavin près la maison du garde :

[13,3 45,2 72,9 93,3]

(plaque mince)

17. — Idem :

[19,9 72 130,2 172]

18. — Idem. La carte au 1/320000 porte

β^1 (basalte pleistocène, α andésites pliocènes. La carte au 1/800000 Brioude n° 175

porte α^h andésite augitique près la maison du garde, λ labradorite bord E du lac,

β^1 basalte pleistocène, tour du lac.

[38,1 40,4 64,0 89,0]

18 bis. — Lac Pavin. — Echantillon

recueilli par E. Rothé dans l'eau du lac,

au bord, près de la maison du garde.

(60^e anniversaire de l'Observatoire du Puy

de Dôme), échantillon brun compact :

[28,2 109,6 439,5 532]

18 ter. — Idem. Echantillon aspect scorie

ou éponge, poreux :

[22,6 127,6 439,5 716,5]

19. — Basalte pleistocène β^1 , bord W du

lac Pavin, sentier du Montcalm :

[21 30 53,5 68,0]

20*. — Gneiss ξ' avec micaschistes, route

d'Eglise Neuve à Condat, 500 m. du

village de Chanterelle, feuille Brioude :

[46,3 60 ? 75,0 75,8]

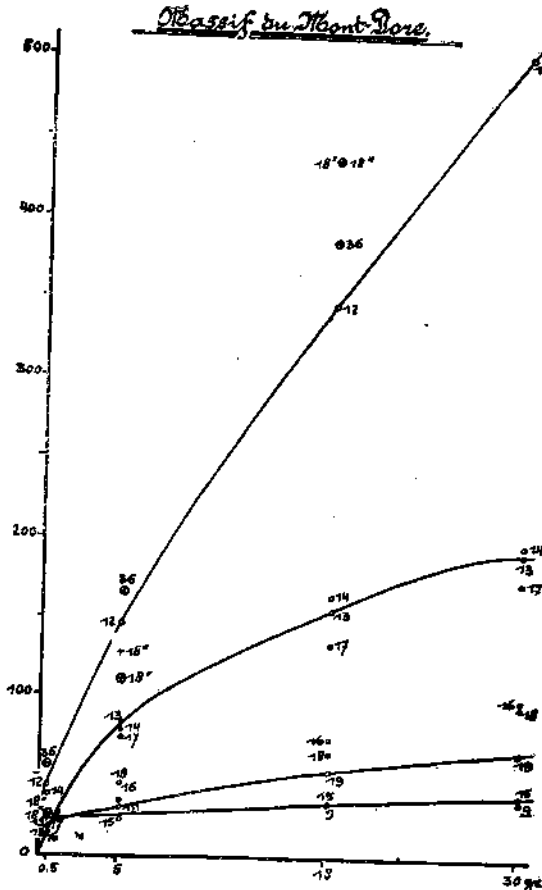


FIGURE 7

CONCLUSION. — Les phonolites 12, riches en minéraux divers, tels que la hâüyne, remarquable par sa belle couleur bleue, offrent une courbe ascendante nettement distincte de toutes les autres. Les plus grandes déviations sont ensuite présentées par les trachytes 13 et 14 contenant, comme les roches précédentes 12, de la sanidine, mais la montée est moins rapide, bien que certainement le thorium domine dans ces roches, associé au radium (courbure nette, Fig. 7).

Les basaltes sont peu actifs 15 β_1 et 19 β_2 . Il y a lieu de rapprocher de ceux-ci le basalte 9 β_3 de la Cheire d'Aydat dont la courbe se superpose presque à 15, bien qu'il ait été recueilli à distance notable du précédent. Les n°s 16, 18, 19 sont intermédiaires : leurs courbes se rapproche des trachytes du Mont-Dore.

J'appelle l'attention sur les n°s 18 bis et 18 ter que j'ai pris dans l'eau du lac Pavin sur le fond de la petite anse en face la route d'arrivée. La teneur en thorium est certainement la plus grande de toutes celles qui furent rencontrées lors des paragraphes précédents.

On ne saurait malheureusement affirmer l'origine de ces deux fragments, l'un compact, l'autre poreux qui peuvent avoir été jetés là lors de travaux exécutés au lac ou dans la maison du garde : on peut toutefois les classer d'après leurs courbes de radioactivité. L'une 18 ter sort des limites

de la figure 7. Comme ce ne sont certainement pas des phonolites, d'après leur examen, je rattacherai ces échantillons à des andésites proches du n° 23 de la fig. 8 ; la carte au 1/80.000 de Brioude n° 175 porte d'ailleurs l'indication andésite augitique α^h , près la maison du garde. Mon intention était de procéder à des expériences que les circonstances actuelles ne m'ont pas permis d'exécuter : 1° suivre en fonction du temps l'activité d'échantillons recueillis dans l'eau du lac après un long séjour ; 2° déterminer l'activation de minéraux non actifs par l'eau du lac. Il serait ainsi possible de se rendre compte du rôle des émanations dans le lac et de leurs descendants. Je crois que de telles observations conduiraient à d'intéressantes remarques sur le rôle du radon et du thoron.

3° MASSIF DU CANTAL (Fig. 8)

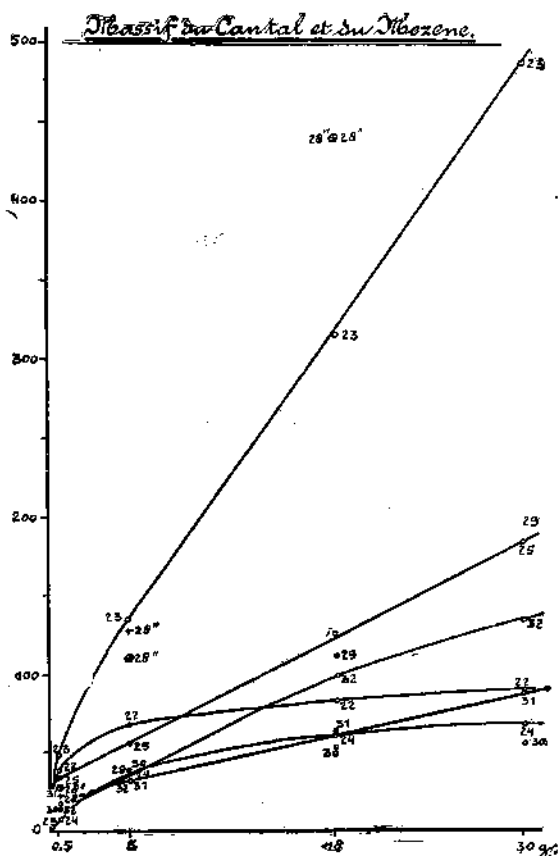


FIGURE 8

mat et Labarthe, feuille Figeac n° 195 ; Figeac indique β_1 = basalte pliocène ; à l'endroit où l'échantillon a été récolté la carte indique encore schistes à sérécite : [Pour 30g 23,4]

CONCLUSION. — Ici encore les basaltes β_1 ou β_{11} 21 et 27 ne présentent pour ainsi dire aucune activité, puisqu'il faut employer 30 gr. de matière pour apprécier nettement le rayonnement.

Il en est de même du calcaire miocène 26. C'est la brèche andésitique $\alpha^2\alpha$ 23 qui est la plus active par du thorium. La brèche andésitique $\alpha^2\alpha$ 22 et l'andésite basique α^3 24 présentent le palier des préparations au radium, tandis que le n° 25, intermédiaire entre 23 et 22-24 présente l'inclinaison des préparations au thorium en même temps qu'une forte déviation initiale que j'attribue au radium (Figure 8).

21. — Basalte β_1 , feuille Brioude, route de Condat à Lugarde, en dessous et à l'est des ruines du château de Lugarde, falaise au bord de la route :

[Pour 30g 26,6]

22. — Brèche andésitique $\alpha^2\alpha_1$, route de Puy Mary village du Claux ; l'affleurement forme une butte moutonnée, feuille Aurillac :

[39,7 69,8 82,1 87,7]

23. — Brèche andésitique α^3 d'après la carte Aurillac, andésite à amphibole et labrador ; col du Pas de Peyrol, au début de la piste montant au Puy Mary (Cantal) (plaque mince) :

[49,1 135,8 314,2 485,2]

24. — Andésite basique : la carte indique α^3 brèche andésitique. — Route du Puy Mary à Mandailles, face au Puy Griou (3 km NW environ à 2 km à l'E du hameau de Rudé, feuille Aurillac) :

[7,9 37,5 61,8 66,6]

25. — Andésite α^2 , ruine du château du mur de Barrez (feuille Aurillac). (plaque mince) :

[36,2 56,5 125,7 181,7]

26. — Miocène m, calcaire fossilifère lacustre, au nord des ruines du château du Mur de Barrez, feuille Aurillac n° 184.

[Néant]

27. — Basalte des plateaux β_1 , route du mur de Barrez à la Cadène, entre Brom-

[Pour 30g 23,4]

4^o MASSIFS DU VELAY ET DU MEZENC (Fig. 8)

a. (Feuille Largentière) n° 197

28-29. — Butte de scories et basalte à l'Est du hameau du champ Blazère, 3 km. SE de Pradelles, 1 km S de l'auberge de Lafayette (route de Clermont à Avignon N 102) 28 β_2 Basalte des pentes :

[Pour 30 19,3]

29. — Scories σ (plaque mince) :

[7 48,8 111,6 194,1]

30. — Scories β^1 Volcan de Tarreyres, cote 985, 8 km SW du Puy au bord de la route du Puy à Langogne. (Basalte du pliocène supérieur. — Feuille le Puy n° 186.

Ces deux volcans 28-29 et 30 font partie de la chaîne des Devis : [18,5 39,7 25,8 55,1]

31. — Basalte β^2 ou β^3 Orgues d'Espaly (Volcan de Denise) : [25,1 32,3 62,0 89,9]

CONCLUSION. — Les basaltes du Velay β_1 , β^2 ou β^3 28-29-30 31 rangent leurs courbes dans le faisceau ordinaire de ces roches à palier ou faible inclinaison et petites déviations. Seules les scories σ 29 offrent une inclinaison nette.

b. Mezenc (Feuille Le Puy, n° 186)

32. — Tufs ρ_1 , λ_1 La Besseyre, route du Monastier aux Estables. Brèches labradorites :

[15,3 31,0 99,8 132,2]

(plaque mince)

33. — Concrétions, brèches labradorites La Besseyre (plaque mince) :

[19,3 38 81 134,9]

34. — Dyke d'andésite α (Moulin Béraud) route du Monastier aux Estables :

[Pour 30 g. 28,4]

35. — Basalte compact β route du Monastier aux Estables :

[29,1 55,6 69,1 87,0]

[56,8 165,0 384,3 562,9]

36. — Phonolite (φ_0) pente du Gerbier des Joncs, (plaque mince) :

CONCLUSION. — La courbe la plus importante est celle du phonolite du Gerbier des Joncs 36 à rapprocher de celle du phonolite de la Roche Sanadoire. Il est très remarquable que les courbes 36 et 12 présentent une aussi grande analogie. Sur la route du Monastier aux Estables, la carte indique andésite α , et basalte compact β . D'après les résultats de l'analyse graphique, j'attribuerais la nature basaltique à 34 et andésitique à 35. Il semble qu'il y ait eu interversion au moment des mesures, fait qui ne saurait passer inaperçu, en faveur des applications de la méthode. Les tufs ρ_1 , λ_1 32 et les concrétions labradorites de La Besseyre ont des courbes identiques 32 et 33 (Figure 8).

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Au point de vue de la radioactivité évaluée par l'analyse graphique, dite des couches à épaisseurs variables, les roches éruptives du plateau central se rangent dans l'ordre suivant :

1^o les basaltes peu actifs et présentant en général le palier des substances radifères ;

2^o les trachytes contenant du Radium et du Thorium en plus grande proportion ;

3^o les andésites dont les courbes presque rectilignes présentent une inclinaison notable due au Thorium ;

Il semble que la radioactivité observée n'est pas en liaison directe avec l'âge de la roche, mais tient à la nature du magma qui lui a donné naissance. Elle pourrait être plutôt l'indication de la profondeur du magma dont la roche est issue ; nous serons conduits à la même conclusion par les recherches concernant d'autres régions.

E. R.

VOLCANS TERTIAIRES D'ALSACE (1).

On connaît en Alsace quelques affleurements de basalte ; les plus classiques sont ceux de Gundershoffen, près de Reischoffen et de Riquewihr où la roche fut exploitée. Au premier endroit une petite pièce d'eau a remplacé l'excavation ; une partie de la deuxième carrière est encore en partie accessible dans un jardin. Il y a aussi à Ribeauvillé, près du carrefour dit le Cerisier noir, un petit pointement enfoui au milieu du massif granitique le long du chemin forestier de Schlüsselsstein au Taennchel. Signalé seulement par quelques blocs de projection l'emplacement de la bouche d'épanchement a été déterminé par J. P. Rothé par la méthode de prospection magnétique.

Enfin, lors de la construction de la route d'Orbey à Labaroche un bloc isolé fut découvert, actuellement encore en partie dans le fossé de la route.

Comme celui de Ribeauvillé, tous ces gisements ont été étudiés par J. P. Rothé, (2), au point de vue magnétique, ainsi que les basaltes de la côte d'Essey en Lorraine et ceux du cap Stewart, filon-couche du Scoresby Sund, Groëland.

On trouvera dans le travail de cet auteur un historique, une bibliographie complète et des détails sur la constitution de ces roches. Voir Figure 9.

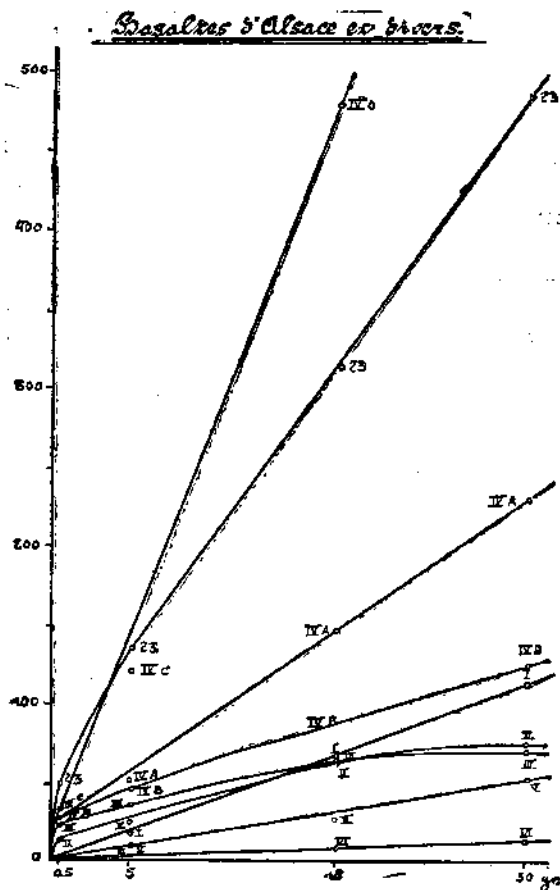


FIGURE 9

I. — Le basalte de Gundershoffen est feldspathique (plagioclase) ; il contient de l'augite et de l'olivine. On peut le rapprocher du basalte dit Limburgite, du nom de Limbourg, dans le Kaiserstuhl, massif situé à quelques mètres seulement des affleurements d'Alsace.

[0 15,9 67,3 102,7]

II. — Celui de Riquewihr contient également de l'olivine, mais la néphéline en est un élément caractéristique. L'augite y tient une place importante, aussi l'a-t-on appelé « augite à olivine », à rapprocher de la Limburgite. L'examen en lame mince fait apparaître des cristaux bien développés d'augite et d'olivine, mais la pâte elle-même est formée de microlithes d'augite et de fer. Certains cristaux d'olivine sont transformés en produits ferrugineux. Des myanoles sont remplies de calcite ; il y a des enclaves de quartz avec cristallisations d'augite.

Ce basalte est riche en magnésite.

Les différents basaltes d'Alsace ont été étudiés par Link (3).

[13 24,5 61,2 76,4]

III. — Le basalte du cerisier noir appartient aussi au type limburgite.

[21,4 34,8 62,9 66,6]

IV. — Il y a lieu de distinguer à Orbey trois gisements différents :

A. Roche en place dans le fossé

[26,2 50,0 146,4 231,5]

B. Fragments isolés, au-dessus, au champ Simon.

[20,7 44,4 85,2 127,7]

(1) Des mesures sur les propriétés élastiques des roches d'Alsace, basaltes, granits etc. ont été exécutées par Mlle J. Bass, en vue d'application aux vitesses de propagation des ondes sismiques. Mesure du coefficient de restitution des Roches. Thèse de Doctorat de la Faculté des Sciences de Strasbourg. Publications du Bureau central sismologique international. Série A. Travaux scientifiques, fascicule 13, p. 3, 1933.

(2) J.-P. Rothé. — Contribution à l'étude des anomalies du champ magnétique terrestre. Thèse de Doctorat ès-sciences, Paris, 1937. Annales de l'Institut de physique du globe de Paris, 1937.

(3) Die Basalte des Elsass. (Mitteilungen der geologischen Landesanstalt von Elsass-Lothringen, Strassburg, 1888, p. 82)

C. Beaux morceaux en parallélépipèdes de la grosseur des petits pavés, présentant l'aspect de fragments de colonne basaltique, découverts par E. Rothé, en faisant des sondages à main dans le ruisseau bordant la route. [32,0 120,8 480,3 669,9]

CONCLUSION. — Comme on le voit, ce dernier basalte diffère nettement des précédents. Tandis que les trois premiers se rangent au voisinage des basaltes du plateau central, les derniers plus actifs ont des courbes ascendantes analogues à celles des andésites et des tufs.

L'échantillon IV C constitue une rareté, de caractère remarquable au point de vue de la radioactivité. Aussi nous avons voulu rechercher en lame mince si apparaissaient quelques minéraux généralement associés à des éléments actifs.

Nous remercions vivement M. A. Michel-Lévy de l'aide précieuse qu'il a bien voulu nous apporter dans cette étude. L'examen de l'échantillon A conduit aux remarques suivantes :

A. Au 1^{er} temps, on observe de l'augite en sablier, de l'olivine de forme typique, probablement calcifiée, des éléments ferromagnésiens en prismes, chloritisés et à fissures hématisées. On voit aussi des géodes, enclaves contenant un lacis de fins prismes allongés contenant de l'augite titanifère violacée avec quelques paillettes de belle biotite, quelques aiguilles d'œgyrine se détachant sur un fond cubique (probablement feldspathique, peut-être de l'hydronéphéline avec un peu de calcite.

Au 2^{me} temps, il y a presque uniquement de fins prismes d'augite titanifère avec un peu de biotite, beaucoup de magnétite, des grains d'hématite et du sphène.

C. L'examen de la plaque montre que la roche est dans les grandes lignes identique à la précédente. Pourtant elle en diffère en ce que les géodes sont remplies par de la néphéline au lieu de feldspathoïde. Il y a également la néphéline en pâte. D'une manière générale l'échantillon est moins hydraté que le précédent.

Mais on n'aperçoit pas de raison suffisante pour expliquer la forte teneur en thorium de ce basalte à néphéline, à moins que ce minéral en soit riche. On remarquera cependant que les phonolites, très actives, et de courbes analogues, sont également riches en sphène.

Ce basalte d'Orbey pose aux géologues et minéralogistes un point d'interrogation.

V. — Le basalte de la côte d'Essey présente une activité nettement moindre que les précédents.

[0 10 25 54]

Il est dépourvu d'éléments feldspathiques, appartient au type néphélinique et se rapproche de la limburgite du Kaiserstuhl.

VI. — Le basalte du Cap Stewart (Scoresby Sund) est presque inactif.

[0,6 pour 18 g. 13,5 pour 30]

Il se range d'après ces mesures près des basaltes B du massif central qui eux aussi ne fournissent de résultat que pour la masse de 30 grammes.

CONCLUSION. — Les basaltes d'Alsace attribués à des éruptions tertiaires diffèrent entre eux au point de vue radioactivité comme les roches éruptives du plateau central : leurs courbes se rangent entre les types extrêmes de ces dernières, depuis les phonolites jusqu'aux basaltes peu actifs — par l'intermédiaire des andésites.

RHYOLITES D'ALSACE ET DE LORRAINE (1)

1^o *Rhyolite du Roskopf*. — Dans l'introduction de cet article on a vu que la rhyolite d'Alsace a été à la base de nos recherches ; aussi a-t-elle fait le sujet de nombreuses mesures ; celle du Roskopf-Welschbruch nous a longuement occupés. (Voir le premier mémoire déjà cité).

Parmi les résultats de ces nombreuses mesures, nous avons choisi les suivants, toujours avec les mêmes unités (Figure 10).

(1) Pour la lecture de ce second mémoire, les lecteurs auront intérêt à se reporter aux cartes ou croquis publiés dans le premier.

Fig. 2 p. 9 : Régions du Welschbruch et de la ruine de Kegenfels, environs de Ste-Odile (Bas-Rhin).

Fig. 6, p. 17 : Région de Natzwiller (Bas-Rhin).

Fig. 4, p. 13 : Prospection de la carrière de Raon. Trapp-Granit.

Fig. 5, p. 14 : Région d'Etival et du Puid (Vosges).

Fig. 3, p. 12 : Région de Tholy-Tendon.

Voir aussi dans le même fascicule : Annales de l'Institut de physique du globe 1936. Troisième partie. Géophysique la carte Fig. 2. Région Hohneck-Breilfirst accompagnant l'article de H. Garrigue : Campagne de mesures de radioactivité dans les Vosges et se rapportant aussi aux prospections de E. Rothé et Mme A. Bée dans la même région.

Og, 527	6,135	12,270	18,405	24,509	30,674
48,2	211,3	387,7	591,4	724,7	913,8

La courbe moyenne est représentée dans la figure 10. On y lit les valeurs ci-dessous sous la forme ordinaire de présentation des résultats.

Rosskopf [48 190 592 892]

Elle est d'autant plus intéressante que ses points proviennent d'expériences faites à des jours différents et à longs intervalles. Des confirmations en ont été faites à plusieurs reprises.

L'intérêt présenté par cette forte radioactivité et aussi par la pénétration du rayonnement nous a engagés à rechercher en lame mince si apparaissaient des minéraux susceptibles de concentrer les matières radioactives. Sur diverses plaques E. Rothé n'a pas réussi à apercevoir de zircons ou de cristaux de terres rares.

M. J. de Lapparent, D^r du laboratoire de Minéralogie de la Faculté des Sciences de Strasbourg a bien voulu faire tailler une lame à son atelier. Nous indiquerons d'après la diagnose qu'il nous a communiquée les renseignements suivants :

Cette roche portait autrefois le nom de porphyre à quartz globulaire ; on désignait ainsi une roche comportant des phénocristaux, (c'est-à-dire visibles à l'œil nu, de quartz apparaît) et une pâte dans laquelle le quartz a l'aspect de petits globules. Les phénocristaux sont ici, un *feldspath potassique*, un *feldspath calcosodique* voisin de l'*albite*, du *quartz corrodé*. La pâte est formée de menus globules de *quartz* qui ont saisi de petits prismes d'*orthose* ; si l'on éliminait ces cristaux d'*orthose*, le quartz aurait l'aspect d'une petite éponge. De fait chacune de ces petites éponges paraît intimement mélangée à des fibres feldspathiques et tend de cette sorte, vers ce qu'on a nommé le sphérolithe. (Les sphérolithes sont très bien développés dans d'autres roches du Rosskopf ou d'Eftermatten).

En plus des éléments précédents on voit beaucoup de mica blanc parfois lié à des lamelles de fer oligiste. Nul doute que ces dernières ne soient les vestiges d'un mica noir décomposé et dont on trouve d'autre part le titane exsudé sous forme d'anatase (Ti O₂) en très menus grains. Pétrographiquement une telle roche est apparentée à ce que A. Michel-Lévy a nommé microgranulites.

Malgré toute l'attention apportée et l'emploi de forts grossissements, M. de Lapparent n'a pu apercevoir de zircons.

A côté du type Rosskopf il y a la variété d'Eftermatten (voir Introduction) où des veines parallèles ferrugineuses sont caractéristiques. On en rencontre une autre au Neuntesstein dont la composition est sensiblement la même mais dont les phénocristaux plus nombreux ont de plus grandes dimensions. Sur

la route de Ste-Odile au Hohwald dans les environs du Welschbruch on trouve de petites exploitations d'une roche dont la constitution diffère très peu de la précédente.

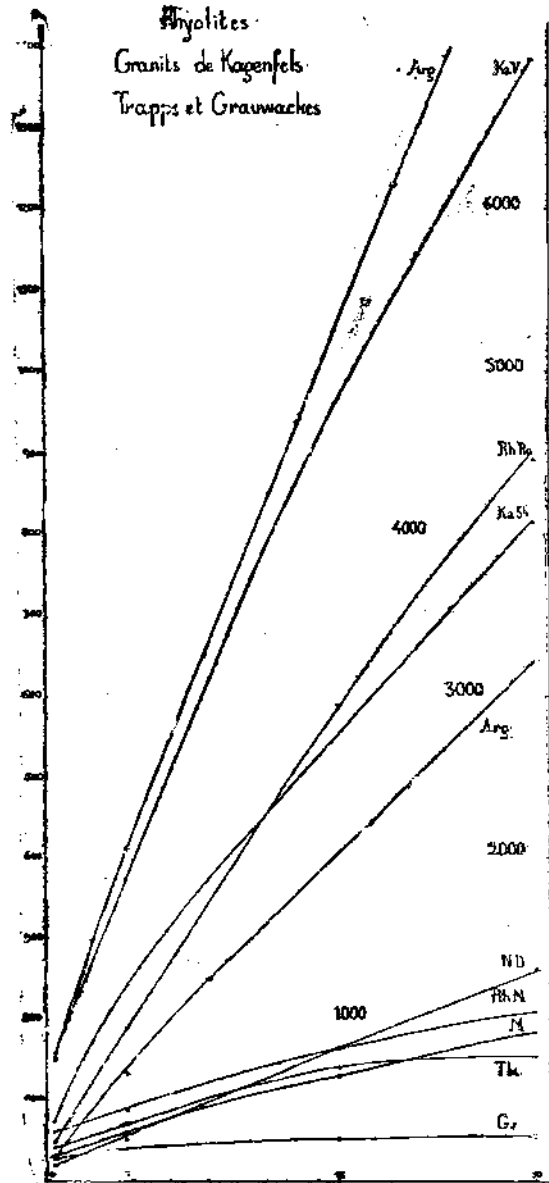


FIGURE 10

D'après les plaques minces on peut dire en résumé : 1° La rhyolite Rösskopf-Welschbruch présente de beaux phénocristaux à extinction régulière et brusque. 2° Celle d'Eftermatten est caractérisée par l'aspect sphérolithique. 3° Celle du Neuntestein a des sphérolithes et globules en éponges plus développés.

2° *Rhyolite de Lorrains*, St-Michel s/ Meurthe, Vosges, carrière de Larmont, au dessous du hameau de Bréhimont (Meurthe et Moselle). On appelait aussi autrefois cette roche porphyre. Elle est désignée, par π . Elle s'étend sur une assez grande largeur depuis l'endroit indiqué jusqu'au village de La Salle, constituant une vaste masse d'épanchement.

Les phénocristaux sont beaucoup plus nombreux que dans les Rhyolites d'Alsace. La pierre a une couleur rose violet. A première vue elle est analogue aux rhyolites du Nideck. (Voir ci-dessous).

Fig. 11 R. M. [61,8 88,3 164,9 208,9]

La carrière de Larmont-Bréhimont constitue une véritable curiosité minéralogique, non seulement par sa rhyolite, mais par les minéraux qu'on y rencontre parfois et par les gisements voisins.

Mélaphyre. — Au voisinage même de la carrière le long d'un petit chemin conduisant de la route à l'exploitation affleure une substance rare dans cette contrée, la *mélaphyre* μ équivalent ancien des basaltes à plagioclases. Elle contient de la biotite, de l'amphibole ou hornblende, des verres fondus. On aperçoit en lame mince de la magnétite et de l'apatite.

A l'état frais la substance est noire ; par altération elle prend une teinte chocolat qu'elle semble conserver.

Fig. 10 Mel [31,3 61,0 131,0 185,1]

La courbe se rapproche du Basalte d'Orbey (Champ Simon) IV B et aussi de celles des andésites du Plateau central 4,25.

Grès. — La roche qui domine dans le voisinage est le grès. On se trouve en terrain Permien caractérisé par ses agates. Il est intéressant de signaler que le grès vosgien dont des échantillons provenant des éboulis au-dessus du Permien ont été mesurés est fort peu actif.

[Pour 30g. 38,9]

Argiles actives A. — Au dessous des bancs de rhyolite, en terrain humide se trouve une boue argileuse brun-noir dont la radioactivité est au contraire particulièrement grande.

(Figure 10)

Arg M₁ [0g5 2g 10g 20g]
[166,6 681,0 1264,1 2239,8]

Il semble donc que dans cette argile s'est produite une concentration de thorium comme il s'en produit dans les sables monazités par destruction de roches éruptives ou aussi comme le manganèse se concentre dans les Wads et c'est cette observation qui a engagé E. Rothé à rechercher si d'autres concentrations du même genre pourraient se produire ailleurs. (Voir dans ce même fascicule le travail de E. Rothé et J. Van der Min. Phénomènes de concentration de la radioactivité).

B. Dans la même carrière on a trouvé en nodules dans les bancs inférieurs, et peu abondante, une argile qui constitue une curiosité plus grande encore que la précédente. Elle a l'aspect d'une argile smectique de couleur grise virant au bleu ou violet à l'humidité.

Les mesures ont donné :

(Figure 10)

Arg M₂ [0g5 5 10 21,5]
[752,2 2076,8 3248,9 6154,9]

En extrapolant on trouverait pour 30 g. : **8300**

Une plaque mince n'apprend pas grand chose, si ce n'est que la roche est riche en oligiste, si bien que E. Rothé la désigne sous le nom d'argile à oligiste. Des recherches dans le voisinage n'ont abouti à aucune découverte analogue.

Barytine. — Les carriers ont également trouvé dans la carrière des cristaux de Barytine plus ou moins fibreuse. Elle est presque totalement inactive. On ne trouve pour 30 g. qu'une activité de l'ordre de 20.

[Pour 30 g. 24,9]

Rhyolites de la région du Nideck

par M^{me} A. HÉE

L'étude de la radioactivité de ces roches volcaniques était d'autant plus intéressante qu'un travail géologique et pétrographique concernant la région du Nideck venait d'être publié (1). L'auteur étudie la répartition des coulées successives et met en lumière non seulement l'époque de leur formation, mais encore leur nature chimique et les modes probables de sortie du cratère, autant de données susceptibles d'être rattachées aux propriétés radioactives de ces laves rhyolitiques.

L'ensemble des roches de la région du Nideck date du Permien et repose sur les terrains dévonodinantien ; en couverture se trouve le grès triasique. Au point de vue stratigraphique S. Mihara considère trois formations : inférieure, moyenne et supérieure. Les rhyolites étudiées appartiennent soit à la formation inférieure soit à la formation supérieure. Entre les deux se trouve un ensemble géologique de grande complexité où les couches sédimentaires d'épaisseur variable sont d'origine torrentielle ou éolienne.

L'analyse chimique qui accompagne l'étude des diverses coulées rhyolitiques a permis de calculer un des facteurs qui entrent dans la détermination faite d'après la loi de Bragg-Kleemann, du pouvoir d'arrêt de la substance par rapport à l'air vis à vis des différents rayonnements α . C'est ce pouvoir d'arrêt qui règle l'épaisseur réellement utilisable dans les méthodes basées sur l'étude des rayons α (voir p. 16 et suiv.)

On sait que si ρ est la densité d'un milieu, d le parcours du rayonnement considéré dans le milieu étudié, A la masse atomique du milieu, on peut écrire : $\frac{\rho d}{\sqrt{A}} = Cte$

Si le milieu de comparaison est l'air et s'il est caractérisé par n' d' A' on peut écrire :

$$\frac{\rho d}{\sqrt{A}} = \frac{\rho' d'}{\sqrt{A'}}$$

pour l'air $\rho' = 0,00129$ $\sqrt{A'} = 3,79$; si $d' = 1$ cm

$$d = \frac{\rho' \sqrt{A}}{\rho \sqrt{A'}}$$

A est donc la masse atomique lorsque le milieu considéré est un corps simple. Lorsqu'il s'agit d'un composé chimique bien défini, \sqrt{A} est remplacé par une expression plus complexe obtenue ainsi qu'il suit : si le composé renferme n atomes de masse atomique P et n' atomes de masse atomique Q on a :

$$\sqrt{A} = \frac{n\sqrt{P} + n'\sqrt{Q}}{n + n'}$$

Dans le cas des roches, des analyses chimiques donnent en pour cent la quantité de composés chimiques entrant dans leur constitution. Pour obtenir ce qu'on appellera la racine carrée de la masse atomique moyenne de la roche il suffira de multiplier l'expression correspondant à la masse atomique moyenne de chaque composé par la fraction qui le caractérise dans la composition globale et de faire la somme de ces produits partiels.

La composition chimique de chacune des formations figure dans le tableau ci-dessous avec le calcul du coefficient correspondant à \sqrt{A} . Le pouvoir d'arrêt n'a pu être déterminé complètement, les densités n'étant pas connues, il y a exception pour la rhyolite du Roskopf prise comme terme de comparaison pour laquelle $\rho = 2,5$ et $\sqrt{A} = 4,54$ d'où

$$d = \frac{\rho' \sqrt{A}}{\rho \sqrt{A'}} = \frac{0,00129 \times 4,54}{2,5 \times 3,79} = 0,000618$$

On peut voir que les coefficients correspondant aux masses atomiques moyennes diffèrent très peu les uns des autres, il est probable que les densités sont de même grandeur que celle de la rhyolite du Roskopf. Il est donc à penser que la forme des courbes de radioactivité des diverses roches est caractéristique surtout de la proportion des éléments radioactifs qui y sont contenus.

(1) Etude géologique et pétrographique de la région du Nideck. S. Mihara. Thèse présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Strasbourg 1935. Mémoire du Service de la carte géologique d'Alsace et de Lorraine n° 4.

Tableau XII

Composi- sition chimique	Racine carrée de la masse atomique moyenne	Type A	Type A	Type B	Type B	Type C	Type C	Type D	Type D	Rhyolite du Roskopf	Rhyolite du Roskopf
		pourcent.	$\sqrt{A} \times$ pourcentage	pourcent.	$\sqrt{A} \times$ pourcentage	pourcent.	$\sqrt{A} \times$ pourcentage	pourcent.	$\sqrt{A} \times$ pourcentage	pourcentage	$\sqrt{A} \times$ pourcent.
TiO ²	4,978	0,01	0,0497	traces	"	0,39	1,941	0,25	1,244	néant	"
SiO ²	4,439	83,53	370,8	81,16	359,4	68,71	305,0	73,25	325,2	76,08	304,4
Al ² O ³	4,482	7,28	32,63	8,89	39,84	14,84	66,51	11,84	51,86	12,90	57,82
Fe ² O ³	5,388	0,72	3,879	0,95	5,118	2,81	15,14	3,15	16,97	1,01	5,442
FeO	5,736	2,14	12,27	1,84	10,55	0,94	5,392	0,73	4,187	0,45	2,581
MnO	5,708	néant	"	néant	"	traces	"	néant	"	néant	"
MgO	4,465	0,25	1,116	0,79	3,527	2,40	10,72	0,73	3,260	0,40	1,786
CaO	5,166	0,73	3,875	0,95	4,907	1,63	8,421	1,32	6,819	0,69	3,564
Na ² O	4,530	4,44	20,11	0,69	28,88	1,12	5,074	0,80	3,621	3,43	15,535
K ² O	5,502	0,55	3,01	5,25	3,126	4,32	23,77	7,75	42,64	4,67	25,69
H ² O	2,0	0,05	0,10	0,02	0,04	2,63	5,26	0,59	1,18	0,72	1,440
"	"	99,72	447,839	100,54	455,388	99,79	447,228	100,41	456,984	100,95	454,258
Coefficient correspon- dant à la masse atomique moyenne			4,47		4,55		4,47		4,56		4,54

a) Rhyolite super-acide type A.

Elle appartient à la formation inférieure. Schématiquement, des brèches volcaniques de base séparent cette rhyolite super-acide de la formation dévono-dinantienne.

Les coulées sont intercalées dans un ensemble de brèches volcaniques et de tufs, elles sont réparties irrégulièrement et affectent la forme de lentilles ou d'amas. L'auteur suppose que la discontinuité des masses rhyolitiques inférieures serait due à un phénomène péleén. Il y aurait eu poussée, projection et chute de magma solidifié parmi les matériaux pyroclastiques. L'acidité extraordinaire des rhyolites du type A, qui renferme 83 % de silice, indique du reste une faible fluidité. Cette super-acidité est caractéristique, sauf de rares exceptions, des parties les plus profondes de la formation inférieure, l'acidité allant en décroissant de bas en haut. Les rhyolites du type A sont de plus différenciées des autres laves par leur teneur en soude, 4,4 %, et leur faible proportion de potasse, 0,5 %.

L'échantillon utilisé pour l'étude de la radioactivité a été pris au même endroit que celui indiqué dans le travail cité, soit à 300 m. au nord de l'hôtel de la cascade. Il en a été ainsi toutes les fois que cela été possible.

Observation microscopique d'après Mihara. — « Structure porphyrique à cause de la présence de cristaux isolés; mais la pâte est microcristalline par mélange grenu de feldspath et de quartz. On voit au microscope une grande quantité d'enclaves.

Composition minéralogique. — Les phénocristaux de quartz sont en général nourris par la pâte, ils gardent souvent leurs faces de cristallisation très nettes. Ils peuvent atteindre 2 mm.

Les minéraux ferro-magnésiens sont des biotites complètement altérées et transformées en agrégats d'oxyde de fer. Ils sont très petits mais assez nombreux et forment des taches noires dans la roche. Quelquefois ils ont gardé la forme pailletée des biotites avant l'altération. Très rarement dans la roche examinée, mais assez fréquemment dans d'autres échantillons du même type, il y a des paillettes de biotite non altérée à très fort pléochroïsme.

Les feldspaths ne sont pas très nombreux; ils sont difficilement déterminables par suite de leur altération; on reconnaît cependant quelques anorthoses. La pâte est très cristalline; elle est microgrenue, très fine et très siliceuse. Pour sa plus grande part elle est formée d'un mélange de quartz et de feldspath. Elle est parfois chargée de petits agrégats d'oligiste. Les enclaves sont très abondantes, l'on en distingue deux sortes, les unes sont essentiellement siliceuses, les autres sont des fragments de rhyolite ancienne du type d'Eftermatten ou du Roskopf. Les enclaves quartzzeuses dominent. Par leur disposition, elles donnent à la roche une allure plus ou moins fluidale. Avec les cristaux de quartz isolés, elles constituent une des caractéristiques du type de roche. L'origine de ces enclaves paraît due à des éléments volatils inclus dans le magma;..... x

L'étude de la radioactivité de l'échantillon choisi a donné avec les unités utilisées dans le mémoire actuel :

R. A. [42,5 92,2 194,8 228,9]

Le seul échantillon observé à l'électromètre n'a pas subi d'examen minéralogique spécial. Il est probable que la recherche de spécimens particulièrement riches en enclaves de rhyolite ancienne du type du Roskopf ou d'Effermatten et l'étude de leur radioactivité comparée à celle d'échantillons sans enclaves pourraient conduire à des résultats instructifs.

b) Rhyolite type B.

Bien que l'étude de cette rhyolite, au point de vue de la radioactivité, n'ait pu être faite faute d'échantillon, je donnerai pourtant quelques renseignements sur cette roche qui appartient encore à la formation inférieure de la région du Nideck. Cette roche est moins riche en silice que le type A, 81,10 %, et surtout elle est potassique, 5,25 %, tandis que le type A est sodique (voir tableau). La roche est grisâtre, moins claire que la précédente, elle est aussi moins compacte par suite de la présence d'enclaves de grandes dimensions. Il existe encore des fragments de roches volcaniques anciennes mais ils sont rares, tandis que les enclaves poreuses et cavernueuses sont nombreuses. Ce fait donne à penser que l'activité volcanique fut très vive et explosive ; en outre la répartition irrégulière de la roche en masses brisées indique comme précédemment l'existence d'un phénomène péleén, le magma moins acide que dans le type A, fut cependant très probablement moins fluide à cause de la proportion élevée de K_2O , de Ca, 0,95 % et de Al_2O_3 , 8,83 %, éléments qui augmentent la viscosité.

Il existe des types de roches volcaniques intermédiaires correspondant à des mélanges de type A et de type B qui sont caractéristiques de la formation inférieure mais il n'y a pas de rhyolites véritablement intermédiaires entre celles de la formation inférieure et celles de la formation supérieure. Il semble donc qu'il y ait indépendance totale des deux activités volcaniques. La seconde, séparée de la première par un temps plus ou moins long d'accalmie, n'est pas une continuation du premier phénomène, elle possède en propre ses caractères.

La formation supérieure correspond à une grande activité volcanique qui s'est révélée par des coulées énormes de rhyolite, tandis que dans la formation inférieure, le volcanisme est caractérisé par des explosions. Les coulées de laves dans la formation supérieure sont encore acides (68 et 73 % de SiO_2) mais beaucoup moins que les laves rhyolitiques précédentes, les matériaux détritiques dus à des actions explosives sont exceptionnels. Les coulées de roches volcaniques sont continues et occupent de larges surfaces. « Les affleurements de ces roches occupent à peu près les trois quarts de l'étendue de la région, ils y forment des plateaux à surface presque plane et coupés de vallées profondes à pentes raides, où partout les coulées sont entaillées à pic. » (1).

Deux types différents de rhyolite peuvent être distingués dans cette formation : la coulée principale et la coulée supérieure. Par opposition aux roches volcaniques de la formation inférieure, la fluidité de ces laves plus récentes est sans doute due à la teneur plus faible en silice et à une proportion assez importante de fer et de magnésie.

c) Rhyolite de la coulée principale, type C.

C'est la coulée la plus importante, sa puissance atteint souvent 150 m. et plus. C'est la roche la plus basique de la région, sa couleur est sombre, d'un beau rouge violacé tacheté de blanc par du feldspath et de noir par des minéraux ferro-magnésiens.

(1). S. Mihara, loc. cit.

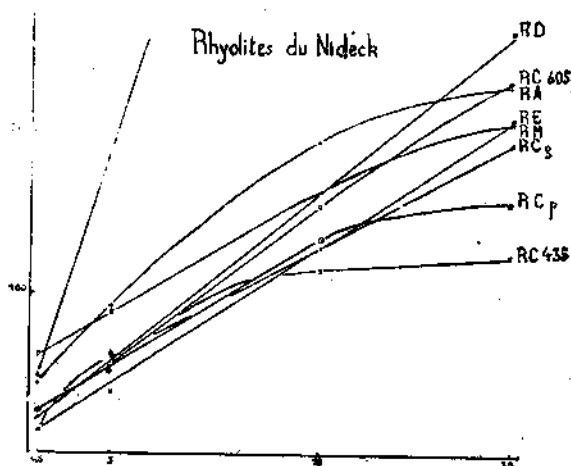


FIGURE 11

Observation microscopique. — « Structure porphyrique avec pâte cristalline un peu fluidale. »

Composition minéralogique. — « La plus grande partie des phénocristaux est formée de feldspath très altéré ; Les minéraux ferro-magnésiens sont assez petits, mais très nombreux. D'après leur forme, petits prismes à section octogonale, il est à supposer qu'il s'agit de minéraux du groupe des pyroxènes, peut-être de l'acmite, mais transformés presque complètement en talc avec squelette de fer oligiste, ou uniquement faits d'un agrégat d'oligiste seul.

Les biotites, peu abondantes et moins altérées, montrent nettement leurs caractères minéralogiques. Dans la masse très fine et microcristalline de la pâte, apparaissent des parties grenues. L'ensemble, formé d'un mélange de quartz et de feldspath, est assez siliceux. Il est tout imprégné de petits cristaux aciculaires d'oligiste provenant de la transformation des minéraux ferro-magnésiens. En dehors de ces minéraux, on voit quelques cristaux prismatiques d'apatite très nettement formés. »

L'étude de la radioactivité de la rhyolite C a été faite plus en détail que celle des autres roches. Une première série de mesures qui porte sur un échantillon recueilli près de la cascade a donné, suivant les notations convenues type C coulée principale :

Voir Figure 11 RC p [26,2 50,2 134,5 155,9]
des mesures supplémentaires ont été faites sur une masse de 1g (37,4) et sur 30g (169,8). Trois échantillons correspondant à des variations du type C ont été prélevés et étudiés. L'un d'eux de couleur grise a donné comme moyennes type C grise : RC g [14,6 61,9 128,8 194,2]

Quatre mesures répétées, soit sur des portions prélevées sur une même poudre soit sur une deuxième poudre, provenant du même échantillon, montrent que les nombres n'ont pas un caractère absolu. Pour 18 g., on a : 128,9 120,7 142,2 123,7 moyenne (128,8).

Cela n'est pas surprenant, puisque la roche n'est pas homogène comme un composé chimique bien défini et de plus la radioactivité n'est pas répartie d'une façon uniforme dans les divers éléments constitutifs.

Un second échantillon recueilli dans la roche au bord du chemin supérieur en descendant de la cascade à 435 m. à l'altimètre, et admis comme une variation de la coulée principale, a été caractérisée par :

RC 435 [21,1 38,8 114,8 123,9]

Un troisième échantillon pris également dans la roche qui borde le chemin supérieur descendant de la cascade à 405 m., a fourni les nombres suivants :

RC 405 [21,3 53,2 157,0 230,4]

d) Rhyolite de la coulée supérieure, type D.

Immédiatement au-dessus de la coulée principale, on en remarque une autre de couleur plus claire. Il s'agit peut-être du même magma ayant subi une certaine transformation. Cette lave rhyolitique est gris violacé, plus clair que le type C, la pâte un peu plus acide renferme 73 % de SiO₂ et une grande proportion de potasse, 7,7 % (voir tableau).

« Accidentellement des cristaux de quartz très corrodés peuvent se trouver dans la roche. Les minéraux ferro-magnésiens sont assez petits et abondants, ils sont presque complètement transformés en agrégats de fer oligiste... Les feldspaths potassiques sont très altérés et métamorphosés par action pneumatolitique...

En dehors de ces phénocristaux, on voit quelques petits cristaux prismatiques d'apatite nettement formés. La partie microgrenue de la pâte, finement cristallisée, est constituée par un mélange de quartz et de feldspath, mais ce mélange est plus riche en feldspath qu'en quartz. Quant à la partie grenue, elle est essentiellement quartzéuse et son origine est due aux actions pneumatolitiques. »

La coulée supérieure est caractérisée par le métamorphisme pneumatolitique expliqué ainsi :

1° la coulée supérieure se produisit avant que la coulée principale ne fut refroidie et recouverte celle-ci ;

2° par refroidissement la coulée principale a laissé échapper des éléments volatils qui traversèrent la coulée supérieure, en transformèrent les minéraux constitutionnels et provoquèrent par silicification des filons quartzifères dans la pâte.

La température et la fluidité du magma de la coulée supérieure durent être analogues à celles du magma de la coulée principale bien que l'origine des roches soit différente.

L'échantillon étudié a été choisi près de la ruine du Hohenstein. Il est caractérisé par les nombres suivants :

Fig. 10 — Fig. 11

RD [21,9 53,1 164,4 263,9]

La formation supérieure comprend presque uniquement des coulées rhyolitiques puissantes ; ce-

pendant à la fin de l'activité volcanique, il se produisit quelques petites émissions de laves et ces agglomérats se formèrent pendant les périodes de repos.

e) *Roches pyroclastiques. Agglomérat.*

L'échantillon étudié provient du flanc nord de la route allant de Oberhaslach au Nideck. Il est de couleur rouge violacé, tacheté de bleu violacé par des débris de la coulée supérieure. Cette roche appartient à la formation supérieure et correspond à une explosion volcanique de faible extension survenue pendant la phase de repos relatif de l'activité volcanique.

L'observation microscopique révèle les propriétés suivantes :

« Structure détritique ; on voit le mélange de débris des coulées supérieures et des tufs.

Les débris de coulées ne montrent naturellement aucune différence minéralogique avec les roches originales, les tufs sont constitués de débris très fins des coulées supérieures et de matériaux gréseux associés à des minéraux phylliteux, qui sont surtout des micas noirs et des séricites. »

La radioactivité de l'échantillon est caractérisée par les nombres :

Agglomérat R. E. [13,9 55,8 129,0 209,2]

CONCLUSION. -- De l'examen des courbes, il résulte que dans leur ensemble les rhyolites du Nideck sont, dans leur comportement au point de vue radioactif, assez peu différentes les unes des autres malgré les différences d'âge, de mode d'émission et de composition chimique.

Cependant si l'on considère les nombres se rapportant à la plus faible masse (0g,500) pour laquelle le phénomène d'absorption est le moins important, on constate que la rhyolite type A est la plus active ; son activité totale est double de celle des autres roches. Cette supériorité se maintient pour 5 g. elle est encore accentuée pour 18 g. mais pour 30 g. le nombre devient analogue à celui d'une variation du type C. D'après ce qui a été dit dans les chapitres précédents, on peut conclure que la coulée A, la plus ancienne est aussi la plus riche en radium.

Les divers échantillons du type C et l'échantillon de D sont très analogues lorsqu'on examine les nombres correspondant à la plus petite masse utilisée, exception faite de la rhyolite grise, variation du type C dont la courbe dénote surtout par sa forme la présence du thorium.

D'après les nombres correspondant aux masses 18 et 30 g on est conduit à penser que l'échantillon type C (405 m. d'altitude) est plus riche en thorium que les autres de la même coulée. Son activité pour 30 g reste toutefois nettement inférieure à celle de l'échantillon D. Rappelons que cette dernière roche est la plus riche en potasse de la région du Nideck.

L'échantillon d'agglomérat ressemble beaucoup à l'échantillon de rhyolite grise C, sauf pour la masse de 30 g où il montre une activité légèrement plus grande.

En résumé on peut dire que les laves rhyolitiques du Nideck sont de faible activité, la plus ancienne est la plus riche en radium, la plus récente semble être la plus riche en thorium. Bien entendu, il ne s'agit pas là d'une loi générale pour toutes les régions.

Si l'on étend la comparaison aux rhyolites d'autres endroits, on trouve par exemple que la courbe caractéristique de la rhyolite de St-Michel-sur-Meurthe, nettement au-dessus de la courbe type A pour la faible masse (0g,500), reste nettement au-dessous pour les masses suivantes, ce qui indique une proportion encore plus grande en radium.

La comparaison avec la rhyolite du Roskopf roche anté-permienne montre que celle-ci se comporte autrement ; la différence s'accroît avec l'accroissement de la masse. On a vu que le pouvoir d'arrêt du milieu ne pouvait jouer qu'un rôle réduit pour la différenciation des roches considérées. Il en résulte donc que la rhyolite du Roskopf renferme dans des proportions beaucoup plus grandes que celles du Nideck des éléments radioactifs, en particulier le thorium.

A. H.

Le Massif du Champ de Feu

Le Champ du feu ou « Champ du fé » occupe une large surface sur la rive droite de la Bruche. Il s'étend depuis la montagne de Sainte-Odile jusqu'à Breitenbach et Steige dans la haute Vallée de Villé. Il atteint 1098 m. dans sa partie Sud à l'ouest de Hohwald. Il a été l'objet de nombreuses études. Dans le mémoire des Annales de 1936 nous avons reproduit un croquis de carte publiée par E. Schnaebelé (1) qui donne une idée de l'importance du massif en même temps que de la variété des granits qu'il contient : ceux-ci ont été étudiés par plusieurs géologues et pétrographes et je citerai surtout les importants travaux de H. Bücking et de M. Rosenbusch (2) où nous avons puisé la plupart des descriptions reproduites ici. Nous y avons ajouté quelques remarques personnelles suscitées par l'examen de lames minces.

Nous distinguons sur la carte la longue et large bande formée par le granit dit de Kagenfels du nom de la ruine, mais qui, sous différents faciès, s'étend de l'ouest à l'est de Rothau jusqu'au col de Welschbruch au-dessus de Barr où il voisine avec la rhyolite. Au nord et au sud il est bordé par le granit proprement dit Champ de feu dont d'importantes carrières existent à Bärenbach au contact du dévonien. Au sud en émerge le bloc isolé et massif de granit de Natzwiller qui se distingue nettement du précédent, celui-ci offre encore le curieux faciès de la Serva. Dans la vallée de la Magel, sous Grendelbruch, nous distinguerons une variété riche en minéralisations et enfin nous rattacherons à cette étude celle du granit de Barr-Andlau très analogue à bien des points de vue à celui de Natzwiller et du Champ de feu, le granit du Hohwald et la Diorite qui caractérisent les hauteurs du Hohwald, du Neuntestein, et du Neungrünrain appelé parfois montagne noire. Telles sont les variétés qui feront le sujet de ce paragraphe ainsi qu'un certain nombre de termes de passage.

GRANITS DU CHAMP DE FEU

Granits de Kagenfels. Nous donnons à celui-ci la place d'honneur parce qu'il se présente sur le terrain, à la suite et en quelque sorte mélangé à la Rhyolite. Dans le mémoire des Annales de l'année précédente, page 15, nous avons donné une description détaillée de son gisement et aussi une bibliographie des études faites par les pétrographes allemands. Dans le présent article, nous ne rappellerons ou ne détaillerons que les caractères qui différencient, en tant que minéraux, les divers échantillons étudiés au point de vue de la radioactivité. L'échantillon parcelle 54 offre le caractère miarolithique. On y trouve de belles cristallisations d'orthose. D'autres ressemblent à une pegmatite. L'échantillon V est celui qui a le plus bel aspect extérieur granitique. Les quartz sont très déve-
loppés dans II, III et IV.

Tableau XIII

Granits de Kagenfels

Masse en g	Ruine III	Parcelle 54	Ruine II	Microgranite VI	Ruisseau		
					Welschbruch IV	Ruine I	Ruine V
18	499,0	534,4	568,8	531,1	649,6	714,3	963,5
30	790,8	822,0	849,4	850,5	954,8	1031,31	1382,4

Dans le tableau ci-dessus on n'a relevé que les valeurs pour 18 et 30 g qui donnent l'inclinaison provenant du Thorium ; les premières droites (que l'on peut tracer aisément) s'échelonnent au voisinage l'une de l'autre à peu près parallèlement sauf IV qui pour 18 g coïncide avec parcelle 54 et pour 30 avec Ruine II.

Les premiers échantillons sont à grains assez fins, même très fins dans le microgranit. Leur aspect est celui d'un beau grès à grain fin rose-orangé. Ce sont aussi les plus miarolithiques.

(1) E. SCHNAEBELÉ. Les granits du Champ de Feu. C. R. A. S. 1923, t. 176, p. 693.

(2) M. H. BÜCKING. Beiträge zur geologie des oberen Breuschtales in den Vogesen. Mitl. der Geol. Landesanstalt von Els. Loth. XII B. 1, en particulier p. 279, 296, 216, 229.

M. ROSENBUSCH. Einige Mitteilungen über Zusammensetzung und Struktur granitischer Gesteine. Zeitschrift der Deutschen geologischen Gesellschaft XXVIII, 1876, p. 369. Die Steiger Schiefer und ihre Kontaktzone an den Granititen von Barr-Andlau und Hohwald. Abb. der Geol. Landesanst. von Els.-Lothr., I 1877.

Aucun d'eux n'est très riche en mica. L'échantillon du ruisseau est formé de grains moins fins mais pourtant est encore très grenu. Les deux derniers échantillons auxquels on hésiterait à première vue à donner la même dénomination ressemblent à un type porphyroïde. Il y a de beaux cristaux limpides de quartz atteignant de grandes dimensions. C'est d'ailleurs non loin de la ruine au carrefour Kreuzweg que l'on trouve des quartz très largement développés. Des plaques minces ont été étudiées pour V et IV et parcelle 54. Les courbes Ka1 et Ka2 de la figure 10 (à ordonnées échelle 1/2) sont celles des échantillons V et parc. 54

Granits de Kagenfels V Ka1

[160 376 963,5 1382,4]

Granits de Kagenfels (parcelle 54 Ka II)

[75 214,5 458,2 816,6]

[La courbe du granit V de Kagenfels ne peut pas être interprétée à partir de la courbe de l'étalon de Thorium, pas plus que celle de la Rhyolite du Roskopf. La quantité de Thorium y est certainement très importante, moindre cependant que la valeur à laquelle on serait conduit par la comparaison avec l'étalon. Cette anomalie et toutes les suivantes qui se présenteront pour les courbes à teneur de Thorium élevée seront discutées dans les conclusions générales du travail en même temps que sera donnée l'explication de la forme des courbes. E. Rothé].

Granit à pyrites de Grendelbruch. De même que j'ai mis à part le granit de Kagenfels j'indiquerai de suite aussi le caractère particulier du granit de Grendelbruch provenant de la grande carrière, à la sortie du village, sur

la route descendant à la Vallée de la Magel. C'est une belle pierre rouge dont la couleur est due à un orthoclase mais dont les blocs sont souvent recouverts des teintes éclatantes les plus diverses du bleu au vert ou violet que certaines personnes attribuent à la présence du chrome reconnue par les pétrographes. Il y a en tous cas dans cette masse des minéralisations nombreuses et en particulier de très abondantes plaquettes de pyrite de fer. On y trouve aussi quelques lames de biotite. Nous avons recueilli quatre échantillons de matière différente (teinte, grosseur des grains, pierre fraîche ou débris colorés) dans l'espoir d'y distinguer des activités différentes.

L'échantillon II le plus riche en pyrite est le moins actif :

Gr II [22,9 58,5 78,2 89,2]

Le n° I granit le plus compact est voisin du précédent

Gr I [32,2 52,7 76,4 100,9]

Quant aux deux derniers (poudre et débris très décolorés) ils donnent très sensiblement les mêmes chiffres qui sont manifestement les plus forts

Gr III [39,1 93,6 140,9 150,7]

Gr IV [39,1 93 139 155,3]

Il faut peut-être rapprocher cette observation sur des parties érodées ou alté-

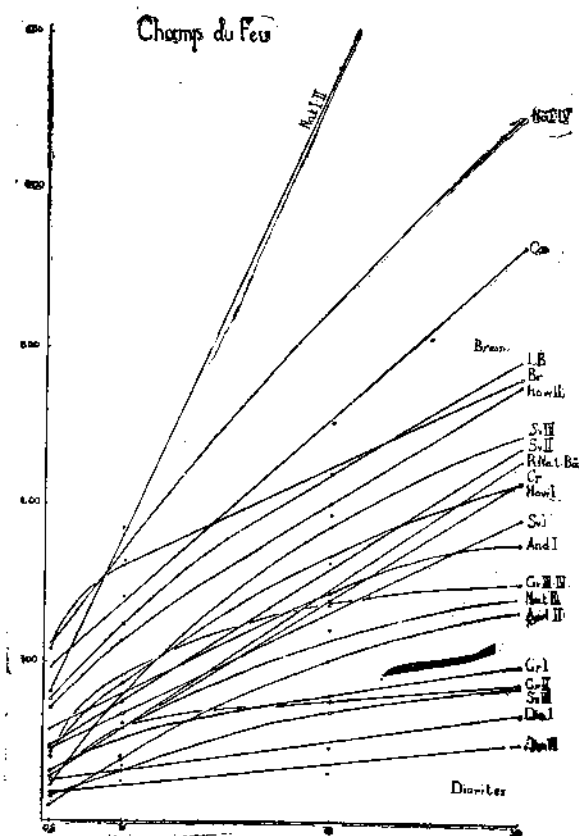


FIGURE 12

rées des phénomènes de concentration qui font l'objet du dernier article de ce fascicule. L'activité est, en grande partie, due à l'uranium-radium.

GRANIT DU CHAMP DE FEU

Les échantillons examinés proviennent de la belle carrière au-dessus du village de Barembach où sont taillés les petits pavés gris-bleu des routes et c'est précisément un de ces pavés très

frais extrait d'un beau banc, qui a fourni les chiffres que nous considérons comme les plus caractéristiques du granit proprement dit du « Champ de Feu ». Certains le considèrent comme *granite*. Il ne contient pas d'amphibole ; c'est donc des feldspaths et de la biotite que dépend sa couleur. La texture générale est granulaire, à grains réguliers tandis que certaines variétés tendent vers un faciès porphyrique. Les feldspaths peuvent y être de nature pure (orthoclases) ou composés de mélanges isomorphes, de silicates potassiques ou calciques (plagioclases). Le plus souvent le feldspath est blanc transparent, mais il peut devenir rose ou même rouge comme dans le type précédent de Grendelbruch ; les surfaces de section feldspathique ont un aspect mat mais parfois aussi offrent sous le microscope les raies jumelées des plagioclases. Le quartz y est très limpide, même aussi transparent que de l'eau. A la loupe ou en lames minces on aperçoit souvent des paillettes de biotite à six pans, pouvant atteindre 1 à 3 millimètres, leur couleur variant du brun au noir ou au vert. On peut observer dans ce granit de petits cristaux de quartz associés à ceux de feldspaths et parfois se présentant arrondis dans le feldspath. On observe aussi des quartz corrodés. Fig. 12

Ba [36,1 66,3 150,6 226,6]

Des débris ramassés au voisinage ont donné des chiffres tout à fait voisins :

Débris [36 66 151 232,5]

ce qui permet de conclure à une homogénéité relative de cette énorme masse granitique.

Indiquons de suite que les parties grises de nature dioritique rencontrées à l'entrée de la carrière fournissent des chiffres moindres

[52,4 63,7 89,5 106,4]

(Il s'agit peut-être de la variété décrite par Bücking aux environs de Barembach). Faute de lames minces, nous ne pouvons dire si l'apparition de hornblende vérifie cette supposition.

GRANIT DE LA SERVA

C'est dans le site pittoresque du hameau de Haute-Goutte au bord du ruisseau descendant de la cascade, dans la clairière au milieu de blocs de nature variée que nous avons recueilli des fragments de granit de la Serva considéré comme un type différent du précédent. Il renferme de nombreuses enclaves de diorite avec de fins cristaux d'hornblende, (amphibole) en forme d'aiguilles. Il fut étudié autrefois par Voltz, et Daubrée en faisait, paraît-il, une syénite à grain fin. Les géologues allemands (voir Bücking loc cit) l'ont désigné sous le nom de granit à diorite en aiguilles.

Cette constitution a à notre point de vue, un effet certain, celui de diminuer la radioactivité.

Fig. 12

SvIII [16,0 32,1 71,6 88,5]

Celle-ci n'est de loin pas négligeable (voir le diagramme d'étalonnage), mais nettement inférieure à celle des autres roches entourant les premières, très proches d'ailleurs au même carrefour, à l'entrée du hameau.

L'échantillon I paraît presque identique au granit du Champ de Feu proprement dit, même activité.

SvI [46,1 69,1 138,0 192,7]

II et IV d'allure voisine se rapprochent en apparence du granit d'Andlau. Comme lui ils contiennent des enclaves basiques.

Ainsi IV était formé de deux parties distinctes, l'une gris bleu comme le granit de la vallée d'Andlau, l'autre grise uniforme (enclave basique). Les plaques minces de IV indiquent une corrosion du quartz dont quelques uns présentent l'extinction roulante. On y voit aussi apparaître des verres fondus. Nous n'avons pas vu de ziroons.

SvII [48,2 76,5 164,7 238,2]

SvIV [21,3 62,4 195,4 245,0]

Fig. 12

L'échantillon IV est plus chargé de Thorium.

GRANIT DE NATZWILLER

Quatre échantillons ont été recueillis en plein massif dans la carrière d'arène granitique au tournant de la route du Struthof. Dès le premier examen, on constate que les blocs même voisins, ne sont pas de constitution identique. Leur texture est le plus souvent *grosse* (ici le mot grossier ne doit pas être pris dans un sens péjoratif ; car polis, ces granits offrent le plus bel aspect. On entend par là que de grands cristaux y sont apparents par **opposition à une texture graine fine**).

Elle rappelle celle des grands et beaux cristaux d'Andlau.

L'un d'eux le moins actif fournit la courbe.

Fig. 12

Nat III [27,6 41,4 122,6 143,6]

Les numéros I et II finement grenus rappellent à première vue certains types de Kagenfels. Dans I la lame mince révèle un peu d'amphibole. Les feldspaths sont de l'orthoclase, de l'oligoclase ; on voit quelques rares lames de biotite.

Fig. 12, voir aussi Fig. 10.

Nat I [82,3 182,2 481,5 731,9]

Nat II [97,0 187,2 491,9 729,6]

On tracera d'après ces nombres presque identiques, une seule courbe moyenne tant les résultats sont voisins. La grande activité manifestée (thorium) nous incite à penser qu'il s'agit bien là des deux mêmes blocs d'un terme de passage entre le granit de Kagenfels et celui de Natzwiller.

Il est à gros grains feldspathiques et quartziques, contient de la biotite (plaque mince). Nous ajouterons le caractère supplémentaire de manifester la présence de composés du thorium disséminés.

Fig. 12

Nat IV [111,3 165,4 337,0 448]

Le n° V provient de la grande masse rocheuse qui se trouve à gauche de la route de Rothau vers Natzwiller. C'est un terme de transition entre le Kagenfels et le Natzwiller d'après son aspect général. Au point de vue de la radioactivité, on pourra dire que c'est plutôt au granit du Champ de Feu proprement dit qu'il faut le rattacher ; les chiffres sont, en effet, les mêmes que ceux de Barembach :

Fig. 12

R. Nat. [30,1 60,3 146,5 231,5]

Il n'est pas non plus inutile de faire remarquer qu'un caillou roulé du ruisseau de la Serva a fourni à peu près rigoureusement les mêmes chiffres. Nous ne pouvons conclure autrement qu'en attribuant au même magma la provenance du galet du ruisseau et celle des fragments galets de Barembach-Champ du Feu (roches de la route de Rothau).

Fig. 12

C. R. [30 60 141,5 217,5]

GRANIT D'ANDLAU-BARR

Il couvre la région qui domine Barr où fut implanté le vieux château d'Andlau. Il y a plusieurs variétés de ce granit. La plus classique est celle qui constitue la butte même qui supporte l'ancien « burg ». Elle donne naissance par altération à l'arène granitique de gros grains qui couvre le chemin de Barr au Hohwald (1).

Les lames minces mettent en évidence un fort polychroïsme des micas.

A plusieurs reprises le granit bien connu d'Andlau a servi de terme de comparaison pour les autres, par exemple pour le granit de Natzwiller. Nous rapprocherons les compositions de ces deux roches.

Tableau XIV

	Natzwiller Dr Urban	Andlau Dr Unger	Natzwiller Orthoclase	Andlau Orthoclase	Natzwiller Andésine
SiO ²	69,08	68,97	65,64	66,85	57,80
TiO ²	0,16	0,31	»	»	»
Al ² O ³	15,42	14,80	19,07	18,43	24,57
Fe ² O ³	1,74	2,32	0,30	1,08	»
FeO	1,36	0,85	»	»	»
MnO	traces	0,01	»	»	»
CaO	1,84	3,81	0,65	0,08	8,10
MgO	1,30	1,15	0,08	0,03	0,17
K ² O	5,00	4,54	10,86	11,48	1,46
Na ² O	4,01	2,46	3,23	2,96	6,76
H ² O	0,59	0,71	0,35	0,03	2,02
poids spécifique					
2,563	100,50	99,93	100,18	100,73	100,88

(1) Cette région a souvent servi de terrain d'expériences pour les élèves ingénieurs de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg.

On voit que le granit d'Andlau est plus riche en calcium et moins en sodium. C'est évidemment dans la composition feldspathique qu'il faut en chercher la cause. D'après Rosenbusch et Bücking les constitutions de ces granits en minéraux seraient les suivantes : (voir note 1).

Tableau XV

Orthoclase K ou K-Na Monoclinique et pseudo-monoclinique	Oligoclase (Plagioclase, tricliniques vrais)	Quartz	Biotite Oligiste
Andlau... 27 % Natzwiller. 25	40 % 40	24 % 20	10 % magnétite 5

Les compositions de l'Andésine et de l'Orthoclase figurent dans le tableau précédent et expliquent les différences de teneur des deux granits en alcalins.

Nos mesures sur deux variétés du granit d'Andlau ont donné :

Spesbourg And. I [58,5 81,6 146,5 178,4] Variété rouge
(Andlau) And. II [9,1 39,5 103,3 135,4] Rose-gris, Feuille morte Vallée d'Andlau

Fig. 12

Leur activité est nettement plus faible que celle des granits de Natzwiller ou de la Serva.

GRANIT DU HOHWALD

C'est par l'introduction de hornblende à côté de la biotite que se distingue à partir du granit du Champ du Feu le faciès auquel on a donné le nom de « granit du Hohwald » bien qu'il existe aussi en d'autres endroits. Mais il est particulièrement répandu autour de la station bien connue du Hohwald. Sur l'échantillon, même à la simple vue, l'amphibole apparaît en noir ; en lames minces, elle est transparente, foncée ou brune. Les propriétés optiques sont identiques à celles de la hornblende dans la diorite. Accessoirement on voit en assez grande abondance des petits cristaux d'orthose entourés de halos d'altération brun rouge, ce que nous avons aussi constaté dans les lames minces d'autres minéraux de la même région. En dehors de la Vallée d'Andlau on retrouve le granit du Hohwald sur la partie nord du Neuntenstein dioritique, près du Neugrünrain et dans la vallée supé-

(1) D'après l'ouvrage de Léon BERTRAND et Marcel ROUBAULT : *L'emploi du microscope polarisant — Caractères optiques des minéraux des roches taillées en lames minces — Leur détermination*. Lamarre, Paris 1936. — La classification actuelle des feldspaths est la suivante :

Tableau

Monoclinique	Orthose $K^0, Al^0, 6 Si^0$
Pseudomonocliniques	Microcline $K^0, Al^0, 6 Si^0$
	Anorthose $(K,Na)^0, Al^0, 6 Si^0$
Triclinique	Albite $Na^0, Al^0, 6 Si^0$ (Ab)
	Oligoclase
	Andésine
	Labrador $mAb + nAn$
	Bytownite
	Anorthite $CaO, Al^0, 2 Si^0$ (An).

Les feldspaths plagioclases sont des mélanges isomorphes des deux termes extrêmes et, d'après Tschermak, les différents noms sont attribués à ces mélanges, conformément au tableau suivant :

NOM	Termes extrêmes	Composition moyenne
Albite	Ab ₁ An ₀ à Ab ₂ An ₁	»
Oligoclase	Ab ₂ An ₁ à Ab ₃ An ₂	Ab ₃ An ₂
Andésine	Ab ₃ An ₂ à Ab ₄ An ₃	Ab ₄ An ₃
Labrador	Ab ₄ An ₃ à Ab ₅ An ₄	Ab ₅ An ₄
Bytownite	Ab ₅ An ₄ à Ab ₆ An ₅	Ab ₆ An ₅
Anorthite	Ab ₆ An ₅ à Ab ₇ An ₆	»

rieure de la Kirneck, près du col de Welschbruch. Il y a lieu de considérer des termes de transition à la diorite et à la forme porphyrique. C'est ainsi qu'à Russ le granit du Hohwald prend tout à fait l'aspect d'une diorite ; le quartz y fait absolument défaut.

Nous avons observé la présence de zircons dans le granit du Hohwald bien que l'activité manifestée aux rayons α soit relativement faible. Les courbes sont des synthèses de courbes type Ra et Th.

Fig. 12

Hohw. I	[43,1	87,7	168,9	215,0]
Hohw. II	[71,4	114,9	202,2	277,5]

Pour la première fois, dans cet exposé, nous rencontrons ce joli et curieux minéral : c'est un silicate de Zirconium, $Zr SiO_4$, fréquemment coloré par des sesquioxydes $Fe^2 O^3$ (oligiste). Il est infusible au chalumeau, inattaquable aux acides faibles. Il appartient au système quadratique, bipyramidé. Lorsqu'il est coloré en orangé ou rouge on l'appelle Hyacinthe (assez abondant dans le Massif Central).

Dans les granits qui sont étudiés ici il se présente sous forme de cristaux blancs très brillants. Des auréoles foncées ou halos pléochroïques (1) découverts par J. Joly sont dus à l'émission de rayons α qui, agissant sur le mica biotite, y produisent un phénomène de coloration. On peut rapprocher ce fait de la coloration des verres, découverte par M. et Mme P. Curie, au cours de la préparation des sels de Ra. Il est probable que la coloration des quartz doit être rattachée à ce phénomène. Ainsi les zircons sont associés à des substances radioactives et si les effets ne sont pas plus importants, cela tient au pouvoir d'arrêt des silicates tels que le mica. (Voir p. 46).

Ce qui nous intéresserait surtout en vue du but poursuivi serait d'établir un rapport entre la radioactivité et la teneur dans les différents éléments.

M. F. W. Barth (2), après avoir fait une étude pétrographique détaillée de divers échantillons précambriens s'était proposé ce problème. Il a examiné s'il existe des relations entre la teneur de Ra et la richesse en potasse ou en oxyde de fer. Si l'on représente graphiquement les résultats, en portant en abscisses les quantités de Ra trouvées par Piggot (3) en 10^{-12} g/g, en ordonnées les % de K O et de FeO, on constate que les points correspondant aux quatre familles de granits Finlandais se rangent de manière tout à fait quelconque. Il ne semble pas non plus y avoir de rapport avec la teneur en MgO et CaO. (Peut-être faudrait-il, à l'avis de E. Rothé, déterminer la teneur en BaO, le Ra étant fréquemment associé au Ba et le travail devrait être repris dans le même ordre d'idées aussi pour le Th).

Piggot avait montré antérieurement la concentration de l'activité dans la biotite pour deux échantillons :

Stone mountains granits	3,80.10 ⁻¹² g.	Ra par g de roche
	11,3.	g. » » de biotite
Nord Jay granits	3,4.	g. » » de roche
	20,7	g. » » de biotite

et dans un autre échantillon (n° 75) (précambrien le plus riche), en effectuant la séparation de la biotite à l'aimant, il a obtenu :

	5,51.10 ⁻¹² g	Ra par g. de roche
	13,47.10 ⁻¹² g	Ra par g. de biotite

Quel que soit le degré de précision de ces résultats, il est bien établi que la biotite a dans la radioactivité un rôle privilégié.

Les granits précambriens peuvent être rangés en quatre familles.

I. — Groupe des plus anciens de Finlande (Granits gneisseux ou post-Svioniens).

(1) J. JOLY et A. L. FLECHER. Pléochroïe halos. *Philos-Magaz.* XIX, 6th. series, Jan June, 1910, vol. I, p. 390.

(2) TOM F. W. BARTH. Radium and the petrology of certain granites of Finland. *Ibid.* p. 231.

(3) CH. SNOWDEN PIGGOT. Radium in rocks V The radium Content of the Four groups of pre-Cambrian Granites of Finland. *American Journal of Science Fifth Series.* Vol. XXXV-A p. 227.

Tableau XVI a

Teneur	n° 71	n° 72	n° 73	n° 74	Moyenne
Ra 10 ⁻¹² g/g	1,04	0,63	0,85	1,23	0,94
FeO poids %	2,47	4,77	2,85	2,88	3,17
Biotite, vol %	8,0	3,0	6,6	9,1	9,1
Hornblende vol %	0,6	9,2			

Pour ces quatre échantillons analysés par Piggot, si l'on porte en abscisse la teneur en Ra n. 10⁻¹², en ordonnée le % de la biotite, les points figuratifs se rangent manifestement sur une droite ce qui n'a lieu pour aucun des autres éléments. C'est d'ailleurs pour cette seule famille que la loi apparaît nettement. (Figure 13).

II. — *Groupe des granits archéens des côtes plus jeunes.*
(Granits Post-Bothniques).

On laisse à part : 1° les granits très riches en Ra dont la provenance peut être étrangère à la biotite et due à des causes diverses, à savoir 5,51 3,17 3,28 8.10-12

2° D'autres de faciès spécial due à des cristallisations postérieures.

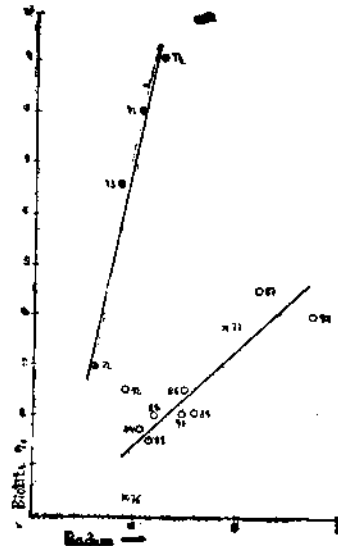


FIGURE 13

Tableau XVI b

Teneur	n° 76	n° 77	n° 80	n° 81
Ra 10 ⁻¹² g/g	0,91	1,87	2,30	1,55
FeO poids en %	0,64	1,44	3,48	2,94
Biotite vol. %	0,4	3,7	10,0	9,9
Hornblende vol. %			3,0	

Les points sont trop nombreux et trop espacés pour qu'on puisse les attribuer à une droite, mais il apparaît que la concentration en Ra est plus forte dans la biotite.

III. — Le groupe de roches n° III de Piggot ne comprenait qu'un échantillon de granit intrusif.

IV. — *Granits Rapakivi et autres granits précambiens.*

Tableau XVI c

Teneur	n° 83	n° 84	n° 85	n° 87	n° 88	n° 89	n° 90	n° 91	n° 92	Moyenne
Ra 10 ⁻¹² g/g	2,21	1,03	1,48	2,21	1,13	1,60	2,74	1,47	0,92	1,53
FeO poids %	1,16	2,72	3,15	3,16	3,32	2,47	2,29	2,33	1,62	2,67
Biotite vol. %	2,0	1,7	2,5	4,5	7,2	2	4	2	2,3	5,2
Hornblende vol. %		2,0	4,2	5,6	6,7	3		3		

Ces neuf granits fournissent des points qui se groupent non pas sur une même ligne, mais une direction moyenne qui semble ne pas passer très loin de l'origine. Ce qu'on peut en conclure c'est qu'il y a bien tendance du Ra à se concentrer dans la biotite.

Il est bien certain que les savants auteurs Américains connaissent les propriétés du zircon et je m'étonne qu'il n'en soit pas fait mention dans les travaux cités ci-dessus. Ils ont prouvé qu'une grande partie de la radioactivité est attribuable à la biotite. Mais la radioactivité de la biotite ne serait-elle pas due à celle du zircon ? E. Rothé].

Nous retrouverons la présence de ce minéral dans un grand nombre des roches dont il sera ultérieurement question.

DIORITES

Diorites du Neuntenstein et du Neugrünrain. Ce sont deux massifs voisins du Welschbruch qui ont été particulièrement étudiés au point de vue géophysique. J. P. Rothé a consacré un paragraphe de sa thèse à l'étude détaillée du magnétisme du Neuntenstein (1).

Quelque temps avant la guerre, un jeune géologue de Nancy, M. Bordet, sur le conseil de M. Roubaud, nous a demandé à se mettre au courant des méthodes de prospection par le rayonnement des corps radioactifs. Il a pu se rendre compte (sous la direction de E. Rothé) de la faiblesse du rayonnement de la région dioritique par rapport à celle du granit et de la possibilité de reconnaître ainsi le passage de l'une et de l'autre. Nous souhaitons qu'il puisse faire un usage utile de ses remarques. Les étudiants de Strasbourg, candidats au diplôme de géophysicien ont maintes fois utilisé le Neugrünrain comme terrain d'expériences pour diverses méthodes de prospection, magnétiques ou électriques. En général la roche est à gros grains : elle est composée de plagioclase blanche, d'un peu d'orthose, de quartz, d'hornblende enrichi de quelque biotites. Il arrive que le quartz fasse entièrement défaut ou soit en très petites proportions ainsi que la biotite.

A côté de ces composants principaux, se trouvent aussi l'apatite, la titanite, la magnétite et les pyrites.

Voici la composition de la diorite du Neugrünrain d'après Dr. Unger, la même d'après L. Van Wervecke, la composition de la hornblende de la diorite analysée par L. Van Wervecke.

Tableau XVII

	Diorite Neugrünrain Dr. Unger	Diorite Neugrünrain L. Van Wervecke	Hornblende de la Diorite L. Van Wervecke
SiO ²	48,90	53,00	43,03
TiO ²	0,26	0,57	»
Al ² O ³	16,03	17,19	13,31
Fe ² O ³	12,52	4,77	9,86
FeO	1,12	5,05	8,22
MnO	0,04	traces	»
CaO	8,22	8,08	10,16
MgO	6,24	4,66	10,65
K ² O	1,17	1,50	0,81
Na ² O	3,87	2,92	2,00
H ² O	1,66	1,35	2,15
P ² O ⁵	traces	0,37	»
	100,03	99,46	100,19

(1) J. P. Rothé loc cit Chap. II, V. P. 60.

Cette hornblende montre une faible teneur en sodium.
De ces nombres résultent les compositions suivantes :

Hornblende	Plagioclase	Orthoclase	Quartz et Oligiste
1° 49 % 2° 41 %	35 % 32 %	3 % 7 %	8 % 11 % et 9 % avec apatite et titanite

Les deux diorites examinées en lames minces manifestent en effet la pauvreté en quartz et la richesse en hornblende.

Nous avons obtenu :

Fig. 12	Dio. I Neuntstein [27,5	36,6	48,9	71,0]
	Dio. II Neugrünrain [18,2	27,3	33,5	51,7]

On constate d'après ces chiffres combien l'activité des diorites est inférieure à celle des granits conformément aux constatations faites sur le terrain même par la radiation pénétrante.

Dans le Neugrünrain nous avons recueilli bien des roches qu'on peut considérer comme des intermédiaires entre les précédentes et les diorites. L'une d'elles ressemblait, à l'aspect extérieur, à s'y méprendre, à un basalte. La densité était aussi très élevée comme celle de cette roche éruptive.

Elle a donné : 1^{re} poudre 10,7 10,2 14,1 très peu active

autre poudre 18,8 29,5 43,3

Une deuxième 43,2 99,2 130,9

[Je pense que l'on doit les considérer toutes deux comme des variétés compactes des termes de transition grano-dioritiques malgré des apparences trompeuses. E. Rothé].

CONCLUSION GÉNÉRALE RELATIVE AUX GRANITS DU CHAMP DU FEU

Ce qui nous paraît particulièrement intéressant, c'est la classification qui peut être établie des différents types, abstraction faite des travaux pétrographiques antérieurs, à l'inspection de la Figure 10 et de la Figure 12. Le granit de Kagenfels a une physionomie tout à fait à part ; très forte activité, due en grande partie au Th. Celui de Grendelbruch est aussi à part, mais en raison d'une faible activité où le Ra a un rôle important. Les granits de Natzwiller présentent une activité moindre que le Kagenfels, mais notable : les deux courbes des échantillons NaII et NaIV se détachent nettement de ce qu'on peut appeler le « peloton » des granits du Champ de Feu qui s'étagent entre SvIV et And. II. Entre ces deux groupes bien détachés s'intercalent des granits des environs de Gérardmer dont il sera question plus loin et dont on a tracé ici les courbes pour combler le vide. Au bas de la figure sont toutes les courbes dioritiques auxquelles se joint SvIII le granit à diorite en aiguilles : GrI et II logent leurs courbes dans la même région. Il est désirable que l'on puisse dans l'avenir préciser davantage la teneur absolue en substances actives. Mais les résultats des comparaisons relatives qui permettent *a priori* un tel classement justifient pleinement les efforts faits depuis plusieurs années pour apporter aux géologues un facteur supplémentaire d'information.

GRANIT DES HAUTES-VOSGES

Le grand groupe des granits du Champ de Feu qui vient d'être étudié constitue l'une des deux masses en lesquelles les géologues séparent les granits. Les lecteurs ont vu qu'elle s'étend entre les Schistes de Steige et la vallée de la Bruche. Nous aurons encore à examiner des massifs secondaires que certains considèrent comme des prolongements de ce premier groupe : à dessein, nous n'en ferons l'examen qu'après avoir étudié le second groupe au point de vue de la radioactivité pour des raisons que la discussion fera apparaître.

Le second massif est encore plus important que le précédent. Il est caractérisé par le « granit des Crêtes » et comprend toutes les Vosges entre Urbeis et la région des Ballons. Les anciens géologues et pétrographes français ou allemands l'ont soumis à un ensemble de travaux

systématiques, dont un résumé, exposé d'ensemble, accompagné de l'abondante bibliographie, a été publié par J. Jung (1), qui a ajouté quelques analyses nouvelles. Il définit ainsi les deux groupes :
 « Ces deux ensembles granitiques sont complètement indépendants ; séparés par la grande ligne de contact anormal de Lalaye et Lubine, ils sont différents par la constitution pétrographique.

D'autre part, ces granits, qui sont post-dinantiens, doivent être nettement distingués des formations cristallines anté-dévoniennes, avec lesquelles ils n'ont rien de commun. »

Granit de Ste-Marie aux Mines. — Nos échantillons proviennent de la carrière de Brifosse, à la sortie de la ville, à droite, à l'endroit où commence la montée de la route vers le col de Ste-Marie et où se détache le sentier du Haut-du-Faite. On se trouve là au contact du gneiss et du granit, contact étudié en détail dans notre premier mémoire.

C'est précisément au Haut-du-Faite que Groth avait fait le travail qui l'a conduit à donner à ce granit le nom de *Granit des crêtes* (Kammgranit). Les anciens géologues le nommaient *granit porphyroïde*, nom provenant des grands cristaux très apparents, de grande dimension rectangulaire. Ce sont des orthoses et des microclines. La roche a un aspect noir dû tout d'abord à la biotite, riche en zircons, et aussi à l'autre minéral qui assombrit toujours les teintes, la hornblende brute formée de prismes à sections en losange.

Ce granit présentait pour notre travail un intérêt particulier. M. A. Michel-Lévy a eu l'amabilité de me communiquer les résultats de l'examen en lame mince auquel il a bien voulu procéder. J'en indique les principaux :
Quartz, à extinction roulante.

Micas noirs, riches en inclusions d'apatite et de zircon, quelque peu déchiquetés, parfois tordus, parfois bordés de granules de sphère en fins alignements, souvent un peu chloritisés.

Amphibole verte, un peu moins abondante que le mica, en très beaux cristaux un peu calcifiés, parfois recouverts d'une seconde cristallisation de petits cristaux aciculaires d'amphibole sur les grands.

Microcline, faculée d'abite, très abondant et développé, peu séricitisé.

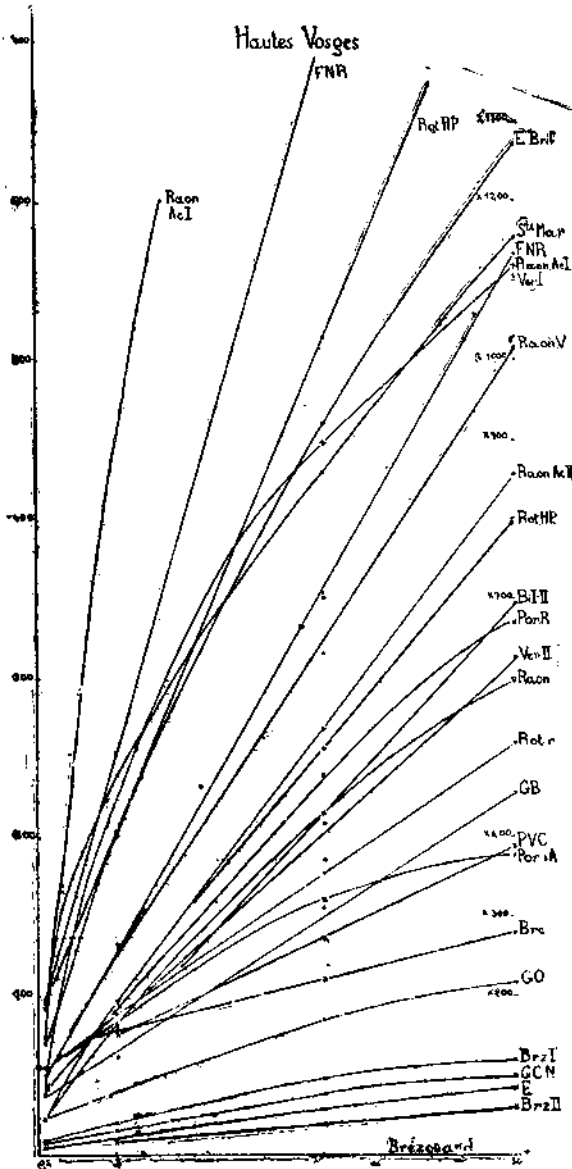


FIGURE 14

Oligoclase à 30 % An, cristaux automorphes le plus souvent finement séricitisés au cœur et piquetés d'une poudre fine d'hématite.

Apatite, en petits prismes abondants dans les micas noirs et les amphiboles ou à leur voisinage immédiat.

Zircon, assez abondant avec auréoles, halos pléochroïques. Quelques uns atteignent de grandes dimensions jusqu'à 0,mm 07.

(1) J. Jung. Contribution à la géologie des Vosges Hercyniennes d'Alsace. Mémoire du service géologique de la carte d'Alsace et Lorraine, n° 2, Strasbourg 1928.

Ce granit a fourni les chiffres suivants : Ste-Mar. [92,6 240,9 432,2 579,2]
(Fig. 14)

Ce granit est à facies amphibolique. On peut l'appeler, d'après le nom de la carrière « granit amphibolique de Brifosse ».

Au voisinage, dans la vallée de Rombach, existent de petites carrières exploitant également du granit, soit à amphibole, soit sans amphibole, dit porphyroïde. Sur le chemin de la Hingrie, à la Croix Biagoutte, J. P. Rothé a recueilli à notre intention du granit porphyroïde plus ou moins altéré sans amphibole :

Fig. 14 Por. s. A [109,9 170,1 321,0 377,4]

Il est nettement moins actif qu'un échantillon voisin altéré provenant du même chemin de la Hingrie, mais contenant de l'amphibole :

Por. a. A [58,8 163,5 350,7 578]

la courbe non représentée passerait entre celle de Raon et de Roth. 8.

Un granit non altéré contenant de l'amphibole pris à Rombach, sur le chemin de la Hingrie, a indiqué, comme d'ailleurs les mesures sur le terrain, une activité notable.

Fig. 14 Por. R. [85,1 181,1 479,6 671]

Il semble que l'amphibole est comme la biotite en rapport avec l'activité, probablement par les minéraux tels que zircon et apatites qui les accompagnent. On conçoit en tous cas que les mesures soient difficiles et peu précises pour les échantillons ainsi chargés de minéraux riches en Ra ou Th.

Il ne s'agit pas de difficultés électriques, mais mécaniques : le broyage doit être très soigné, les poudres amenées à un très grand degré de finesse et tamisées avec soin. Peut-être, si l'on désire une certaine précision dans la teneur, faudrait-il effectuer des séparations par liquides de densités croissantes.

Si on des masses de 30 grammes même secouées et mélangées ne seront pas homogènes et on sera contraint de procéder à plusieurs expériences et de prendre des moyennes.

En réalité, les différences ne changent pas grandement la forme de la courbe et ne peuvent modifier les conclusions de la méthode. Cette remarque s'applique à toutes les roches très actives dont on trouvera dans la suite de nombreux exemples. E. R.

Tandis que des mesures étaient faites dans la région de Ste-Marie, J. P. Rothé récoltait au Bressoir (appelé aussi Brézouard) des granits à muscovite ou deux micas ainsi que des gneiss, roches des environs de Haïcot et des Bagenelles. Les résultats relatifs aux gneiss ont tous été réunis en un paragraphe spécial (Voir p. 69).

Les granits du Brézouard ne présentent qu'une très faible activité. La première est une variété rose du sommet de la montagne ; la seconde blanche provient d'une altitude moindre.

Fig. 14 Brz. I [» 17,7 41,9 63]
Brz. II [21,1 42,2 97,5 121,7]

Ce dernier contient du thorium, mais son activité ne saurait être comparée à celle de ses voisins dans la région, les granits amphibolique des Crêtes et porphyrique. C'est là un fait général. Le magma d'où proviennent ces granits, ne contient que fort peu de substances radioactives.

Le granit du Brézouard n'avait jamais été analysé avant le travail de J. Jung qui indique (1).

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	PF
72,95	15,40	1,07	0,36	1,63	4,25	2,55	0,90

Il pense que « peut-être le granit du Brézouard appartient-il à la série cristalline ante-dévonienne, comme les gneiss et aussi comme le granit voisin du Bilstein auquel il ressemble beaucoup.

Les plaques minces font apparaître entre nicols croisés de magnifiques teintes de muscovite. Il n'y a rien à distinguer spécialement dans les feldspaths et les quartz.

La prospection qui fut faite à Ste-Marie sur le sentier du Haut du Faite (2), nous a amenés à faire une constatation importante en faveur à la fois de la méthode des radiations pénétrantes et de celle des « couches d'épaisseur variable ». Après le passage de la zone de contact, nous devons demeurer sur une assez vaste étendue de gneiss. L'ionisation s'éleva notablement à la dernière station près de roches qui semblaient être du gneiss analogue à celui des précédentes, de 13 i. environ, au passage de la faille, elle avait remonté à la valeur 19.

Il est vraisemblable, sans qu'aucun examen pétrologique ait été exécuté, que le gneiss était très

(1) J. Jung loc cit p. 360.

(2) M. E. Rothé et Mme A. Héz. Etude d'une zone de contact de granit-gneiss par l'action des rayons pénétrants. C.R.A.S. 1936, t. 233, p. 268.

métamorphisé et que la roche ressemblait au granit. Or, les mesures aux rayons α ont donné pour cette station que nous appelons « la plus éloignée de la faille de Brifosse. »

Station la plus éloignée de Brifosse. Fig. 14 E. Brif. [70,3 203,8 460,2 636,7]

On voit que la radioactivité due en grande partie au Th est très importante. La courbe (Fig. 14) est tracée à l'échelle normale comme celle du granit de Brifosse, tandis que celle du granit de Rombach figure à échelle moitié. Il ne peut être question d'un gneiss comme ceux de la figure 16.

CONCLUSION. — Le granit des Crêtes et le granit porphyroïde se distinguent complètement du granit du Champ de Feu au point de vue de la radioactivité.

Si le granit de Kagenfels constitue une exception remarquable (il a été mis à part), la plupart des autres variétés sont nettement inférieures à celles des Hautes Vosges ; les échantillons de Natzwiller seuls sont à peu près équivalents.

Des conclusions analogues s'appliqueront aux paragraphes suivants.

GRANIT DE RIBEAUVILLÉ

On a vu que l'étude des basaltes nous avait conduits à distinguer entre divers échantillons, en général très peu actifs, comme ceux du plateau central.

Pourtant une roche d'Orbey accusant une très forte activité, nous nous sommes demandé s'il en serait de même des granits voisins et dans ce but avons recueilli des fragments de roches en place, au bord du ruisseau, et dans le Champ Simon au voisinage du bloc en place (voir pages 42-43).

Fig. 14 Granit d'Orbey ruisseau G. O. [50,3 85,9 172,3 218,9]
Granit du bloc ruisseau G. B. [71,2 127,5 315,6 458,1]

Ce dernier présente donc une activité moyenne de l'ordre de celle de plusieurs granits ; le basalte du ruisseau pour 30 grammes atteint 670, valeur très supérieure aux deux chiffres 218,9, (le plus voisin) et 458. Il ne semble pas qu'il y ait corrélation.

Le gisement du Cerisier Noir est au milieu de granit blanc à muscovite un peu plus actif que lui, mais à peine.

Fig. 14 Granit du Cerisier Noir. G. C. N. [18,3 33,5 76,6 111,2]

On voit sur la Figure 14 qu'il se classe, comme il convient, à côté des échantillons du Brézouard, intermédiaire entre les variétés blanche et rose.

Les données qui suivent sont relatives aux échantillons recueillis le 16 juin 1938, dans les environs de Ribeauvillé, au cours de la prospection des granits de la région préparée par J. P. Rothé.

Granit de Bilstein. — Les échantillons proviennent : 1^o de la belle carrière située sur la route de Ribeauvillé à Baumschule, 2^o des rochers voisins. Les courbes sont voisines ; les nombres se confondent en partie.

Fig. 14 Rib. Bi I [27,8 86,5 205 293,4]
courbes confondues Rib. Bi II [27 86 209 347]

Un granit dénommé granit des Crêtes sur la carte diffère de celui de Brifosse et de Rombach. Il est peu actif.

non tracé G. crêtes Rib [36,8 64,3 148,8 219,3]

Granit des Verreries. — Van Wervecke a donné le nom de granit des Verreries (Glashüttengranit) à une variété du granit porphyroïde normal, toute locale dans la vallée de Ribeauvillé, présentant une « fluidalité » marquée par la disposition de gros cristaux d'orthose. « Ce serait d'après J. Jung, un granit porphyroïde qui a subi des efforts onogéniques avant sa consolidation totale. »

Plusieurs échantillons en ont été recueillis en divers points dans les cluses ou vallons voisins de Baumschule. Nous indiquerons les chiffres fournis par deux d'entre eux.

Fig. 14 Ver. I. [58,1 134,5 351,8 563,4]
Ver. II. [46,2 92,3 186,1 313,0]

Comme on le voit, ils sont assez différents l'un de l'autre.

Le second est analogue au granit de Bilstein ; le premier se rapproche du granit des Crêtes.

[Le granit recueilli au voisinage d'une tranchée à l'entrée d'un vallon est du granit à deux micas qu'on peut dénommer granit du Brézouard. Point E de la prospection.]

Fig. 14 E. [9,2 42,8 59,7 86,8]

Les lames minces taillées dans les deux échantillons donnent un aspect très différent.

Le premier Ver I, le plus actif, présente une cristallisation très régulière.

Le second qui l'est moins offre au contraire une structure tourmentée. Il est assez riche en Hornblende brune dont certains cristaux sont brisés ou tordus. Il semble bien qu'il s'agit là d'un fragment d'«écaille cristalline» de Ribeauvillé ayant subi une mylonitisation postérieure à sa formation fluidale.

CONCLUSION. — *Comparaison des divers granits de Ribeauvillé.* Le granit des Verreries, celui du Brézouard et la granit de Bilstein, si voisins dans la vallée de Ribeauvillé présentent des différences marquées au point de vue de la radioactivité. Aussi, je crois utile de reproduire ici quelques indications géologiques. « Le granit de Bilstein, dit J. Jung, lorsqu'il est peu laminé ressemble beaucoup par la composition et l'aspect, au granit qui constitue le massif voisin du Brézouard. Si, comme il a toujours été admis jusqu'ici, ces deux granits sont de même âge et de même origine, le granit du Brézouard appartiendrait lui aussi à la série cristalline ante-dévonienne ». Au point de vue de la radioactivité le granit du Brézouard se distingue nettement de ceux des grands massifs Vosgiens très riches en substances actives et qui dateraient de la fin du Dinantien. *Mais les chiffres montrent qu'il diffère aussi nettement du granit de Bilstein.*

La plaque mince que nous avons fait tailler dans l'échantillon Rib Bi I qui contient à la fois du Ra et du Th, fournit l'aspect le plus commun du granit de Bilstein et montre bien qu'il appartient à ce type. Les cristaux sont brisés et étirés. La mâcle des plagioclases permet précisément de constater ces faits. A côté de très grands cristaux on en aperçoit d'autres formant une pluie cristalline intercalée. Il faut aussi signaler l'aspect dentelé des cristaux ou leurs contours flous tenant à ce que par recristallisation ils se sont enrichis d'une masse de petits éléments.

GRANITS DE ROTHENBACH ET RHEINKOPF (Haut-Rhin)

Ce sont des granits des Crêtes ou granits porphyroïdes appelés aussi des « Vosges Centrales ». Leur étude ayant déjà été faite, il nous suffira d'indiquer ici quelques caractères différentiels. Au sommet du Rothenbach le granit qui voisine avec les Grauwackes est la variété à deux micas. C'est bien elle que nous avons recueillie au sommet de la piste qui monte de la ferme auberge de Rothenbach vers le sommet. Nous avons obtenu :

R. H. P. [98,1 205,5 515,1 799,2]

L'activité est grande : la courbe, comme la suivante, a été tracée deux fois sur la Figure 14, de manière à pouvoir établir plus aisément des comparaisons entre les différentes familles. Il est inutile de répéter qu'une grande partie de l'activité est due au Th : la forme seule de la courbe le met en évidence.

Les lames minces montrent l'abondance des deux micas ; la biotite domine toutefois. Très abondante, elle est remplie de petits zircons auréolés. Quelques uns atteignent de grandes dimensions ; il faut noter toutefois que les halos sont moins bien définis, manquent de netteté comme d'ailleurs dans la plupart des échantillons dont s'occupe ce paragraphe. Les minéraux sont nombreux, on voit de fines aiguilles d'amphibole. Le quartz est à extinction roulante.

L'échantillon le plus actif provient du flanc nord à gauche de la masse rocheuse qui se dresse sous le sommet.

F. N. R. [101,2 254,6 707,3 1136,3]

C'est une très forte activité. Le granit appartient à la catégorie granit des Vosges centrales mais le faciès accusé par les lames minces est assez spécial. Les cristaux y sont menus et il semble que plusieurs cristallisations successives y sont intervenues. Les micas ne sont pas très abondants et je ne crois pas qu'on puisse les rendre responsables de la très grande activité. Les amphiboles ne sont pas abondantes non plus. (Courbe tracée sur la Figure 14 aux deux échelles).

Une autre station directement sous les rochers au bas, sentier du vallon, a fourni le résultat suivant :

Fig. 14 Rot. r [108,8 179,8 357,2 520,4]

J'indique en passant que les filons de quartz se sont montrés inactifs comme le cristal lui-même. (Voir E. Rothé et Van der Min, même fascicule).

C'est encore le granit des Vosges centrales qui entoure le refuge du Rheinkopf. Les zircons auréolés y abondent, mais sont sujets à la même remarque que ci-dessus.

Les échantillons recueillis en avant du refuge dans la masse rocheuse ou dans les clairières en arrière fournissent les mêmes résultats.

P. VC I [106,3 149,5 287,4 394,2]

Fig. 14 petite échelle

II [99,5 157,8 275,3 389,5]

Les courbes correspondent à un même granit moyennement actif ; elles se placent tout à côté de celle du granit porphyroïde de Rombach sans amphibole.

[C'est ce granit qui a servi à construire le refuge de Rheinkopf dont j'ai constaté le rayonnement des murs. (Voir premier mémoire) E. R.]

GRANITS DES VOSGES LORRAINES

Beaucoup de géologues appellent ces granits des granulites, parfois de manière impropre. On rapproche du granit du Brézouard précédemment étudié les granits de la région de Gérardmer qui contiennent de la muscovite. Une analyse de Delesse (1) indique :

SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O
73,8	15,8	0,9	0,9	7,8	0,8

La proportion de potasse y est très grande. Nous avons recueilli des échantillons à Cornimont, au col de Grosse Pierre, autour duquel les tailleries du granit de la Bresse abondent dans les fermes, roches très fraîches et au Lac Blanc où les cristaux d'orthose prennent des dimensions de plusieurs centimètres (échantillons altérés).

Au point de vue de la radioactivité ces granits se distinguent de ceux du Brézouard et aussi du Champ du Feu. Ils sont beaucoup plus actifs, surtout ceux de Cornimont. Ils se groupent fort bien en « familles » entre les granits de Natzwiller Nat et les autres types du Champ du Feu. (Voir Figure 12 et p. 52).

Bresse col de Grosse Pierre

(Fig. 14) et (Fig. 12) échelles différentes	Brc	109,0	162,0	221,3	281,5]
Cornimont (Fig. 12)	Cor	98	142,6	254,5	364,9]
Lac Blanc (Fig. 12)	L. B.	76,9	125,2	221,5	294,4]

Une lame mince a été taillée dans le granit de la Bresse : elle accuse bien la présence de muscovite, parfois en larges lamelles, mais en

moindre quantité que dans le type Brézouard. Par contre, la biotite y est beaucoup plus abondante. La structure est en grains fins, mais on peut constater d'assez larges fissures entre les éléments consécutifs. Il y a évidemment une analogie avec le granit du Brézouard au point de vue pétrographique. Mais la différence des activités est notable. Les feldspaths dont quelques uns sont très développés sont en partie recouverts de recristallisations. Il y a quelques aiguilles d'amphibole brune en faible quantité.

Nous rapprocherons de ces résultats ceux que nous avons obtenus à titre de comparaison pour des échantillons du domaine gneissique (voir le paragraphe relatif aux gneiss).

GRANIT DE THOLY

[Ce granit qui appartient aussi à la région de Gérardmer m'avait été aimablement signalé par M. A. Lacroix qui avait bien voulu mettre à ma disposition des lames minces qui ont servi à m'habituer à l'observation des halos pléochroïques : je lui en suis très reconnaissant. E. R.]

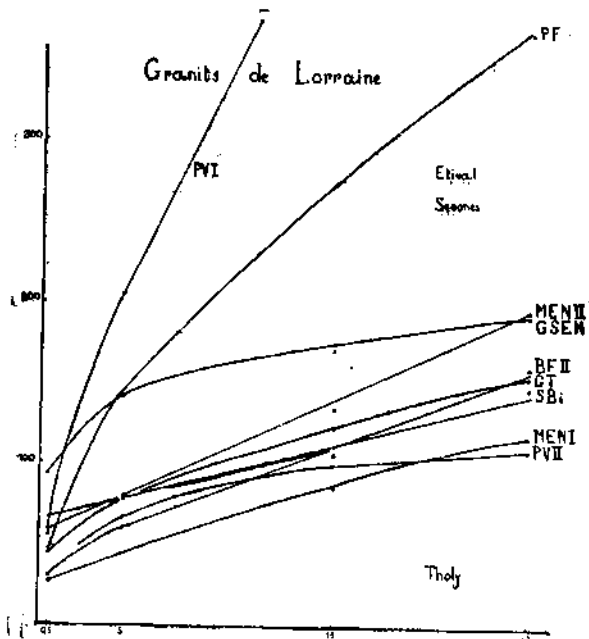


FIGURE 15

(1) J. J. Xu loc cit p. 361.

Ces lames provenaient d'une carrière située sur la route de Tholy à Tendon. Il existe là une tailleurie dite de « Bonne-Fontaine ». C'est l'observation de ces lames très riches en zircons qui nous a engagés à exécuter le 21 juillet 1936 la prospection dans la région de Tholy Tendon décrite avec croquis à l'appui p. 12 du précédent mémoire. Les échantillons dont nous avons étudié la radioactivité au laboratoire ont été recueillis : 1° dans les granits intercalés entre les gneiss de la lande de Bonne-Fontaine, 2° dans la petite carrière à droite de la route de Bonne-Fontaine vers Tendon :

Fig. 15
(Une courbe moyenne a été tracée).

B. F. I	[26,7	71,1	111,9	169,8]
B. F. II	[29,1	60,1	106,1	161,2]

Ces granits appartiennent au même type : granit à deux micas comme celui des Crêtes mais où la biotite est très abondante tandis que la muscovite y est rare. Les zircons sont en grande quantité : il n'est pas de fragments de biotite qui ne montre des taches de radioactivité. Il a été indiqué déjà pourquoi, malgré cette abondance, l'ionisation produite est faible : la radioactivité est en grande partie attribuable au Ra.

GRANIT DE RAON L'ETAPE

Ce granit présente un intérêt particulier au point de vue qui nous occupe 1° parce que la carrière dont il provient est une de celles que nous avons prospectées avec le plus de soin aux rayons γ . On trouvera dans notre premier mémoire la carte de la carrière et l'emplacement des stations où nous avons fait des mesures ; la distinction entre trapp et granit a fait l'objet d'une note à l'Académie des Sciences (1). Le granit est en réalité un produit secondaire dans l'exploitation dont le trapp, utile dans la construction des routes, est l'élément principal) ; 2° parce que le granit est riche en zircons d'assez grandes dimensions et de minéraux divers qui peuvent jouer un rôle dans la radioactivité. Bien que ce gisement soit assez éloigné du Champ du Feu, on rencontre dans les ouvrages de géologie, cette opinion que le granit de Raon est un prolongement de ceux du Champ du Feu, de même qu'on trouve à Etival-Biarville des schistes qu'on rattache aux schistes de Steige.

On donne en général à ce granit le nom de granulite. En plaque mince l'échantillon I qui provient d'une roche très fraîche montre des lamelles de mica noir à pleochroïsme vert foncé et du mica blanc accompagné de magnétite. Dans les clivages il y a des chaînes de grains d'oligiste et des zircons de grande dimension dont plusieurs atteignent 0 mm, 06. Les quartz se présentent en beaux cristaux à extinction roulante et on y voit des inclusions liquides à libelles mobiles. Le quartz est englobé par endroits par le feldspath, microcline faculée d'albite. Il y a dans les feldspaths des inclusions gazeuses nombreuses. L'hématite et la séricite s'y trouvent en fines concrétions. En particulier dans une myarole qui en est remplie par zones de concrétions. J'insiste sur le fait que l'hématite est en faible quantité dans ce premier échantillon.

Le deuxième provient d'une carrière abandonnée. La roche est altérée ; l'aspect en lame mince est le même que celui de l'échantillon I et présente les mêmes phénomènes intéressants. Je remercie M. Albert Michel-Lévy qui a bien voulu me mettre à même de les observer.

Il a également procédé lui-même à des observations en lumière réfléchie qui lui ont permis de constater la présence de quelques grands cristaux de magnétite, de granules de sphène en agglomérats sur les micas, de grains d'hématite très abondants sur les micas et les feldspaths, dans les clivages et les fissures des lignes de granules jaune de miel de sphène.

C'est par là surtout que se distinguent les deux échantillons. Le deuxième est enrichi en hématite sans doute par apports hydrothermiques. E. R.

Cette remarque présente un très grand intérêt : la présence des zircons dans les biotites mise à part, rien dans l'examen des minéraux eux-mêmes ou des lames ne peut expliquer la radioactivité. On est donc en droit d'émettre l'hypothèse que le Ra et peut-être surtout le Th imprègnent la pâte même de la substance sous forme de matière dispersée : c'est la supposition que nous avons faite dès le début de nos recherches, en présence de la grande activité de la rhyolite et du granit de Kagenfelds. Mais, l'imprégnation peut être magmatique ou postérieure grâce aux apports hydrothermiques. La comparaison des deux échantillons présente donc un double intérêt.

Echantillon I Raon	[46,2	166	429,5	595,5]
Echantillon II Raon A. C. II	[75,4		896,2	1117,4]
Raon A. C. II	[16,6	196,2	537,0	859,4]

Fig. 14

(1) E. Rousé et Mme Hég. Prospection de la carrière de trapp de Raon l'Etape par les radiations pénétrantes. C. R. A. S. 1937, t. 204, p. 1835.

Ainsi, les échantillons II sont les plus actifs et le résultat est d'accord avec l'hypothèse ci-dessus d'apports hydrothermiques. M^{me} Jérémine a rappelé à M. Albert Michel-Lévy qu'un échantillon de la granulite de Raon fut recueilli autrefois par Vélain près du Pont de l'exploitation, il fut étudié par Mme Jérémine (1). Ces deux collègues ont bien voulu rechercher cet échantillon dans les collections de la Sorbonne et nous permettre de mesurer l'activité d'un fragment. L'intérêt qu'il offre est que l'analyse indique la présence du fluorine. Nous avons trouvé :

Fig. 14 Raon V [57,2 130,4 315,2 508]

L'activité est inférieure à celle des trois échantillons précédents. La présence de fluorine ne semble pas entraîner l'augmentation du Ra ou du Th. [J'ajouterai que j'ai fait tenter, en vue d'études sur les émanations, la dissolution de la roche fraîche I qu'un chimiste espérait pouvoir obtenir totale. Il est pourtant resté un résidu qui a retenu une notable partie de la radioactivité probablement dans les zircons inattaqués. E. R.]

Etude pétrographique.

Elle a été faite par Mme Jérémine (1).

Par tous les géologues qui l'ont étudié jusqu'ici, dit-elle, le granit de Raon a été appelé « granulite ». Je vais lui donner par la suite le nom de granit leucocrate, le terme de granulite étant périmé.

La roche est rose jaunâtre, on distingue à l'œil nu des cristaux arrondis ou bipyramidés de quartz limpide, des plages allongées d'orthose, mûclées suivant la loi de Carlsbad, les deux minéraux étant en proportions à peu près égales, et de rares lamelles de biotite. On aperçoit de place en place, accompagnant la biotite, de petits cristaux (2 à 3 mm) d'une couleur violet foncé de fluorine.

(Il s'agissait de la collection Ch. Vélain de la Sorbonne, portant l'étiquette « sous le Pont » Raon l'Étape).

D'après cette description et l'étude des lames minces Mme Jérémine a conclu que le granit de Raon était leucocrate alcalin, pauvre en biotite.

Près du contact avec les schistes, dans la tranchée des wagonnets, on voit ce granit devenir, par poches et lentilles, pegmatitique à gros grain. On y voit aussi des variétés à structure de fine pegmatite graphique.

GRANIT D'ETIVAL

Les anciennes cartes géologiques indiquaient à Etival l'existence d'un granit qui n'était pas distingué de celui de la rive droite de la Meurthe. C'était là une erreur dont nous avons pu nous rendre compte au cours de la prospection du 21 septembre 1937 où nous avons été surpris de la faible ionisation constatée sur le terrain (voir premier mémoire). La nouvelle carte géologique de Lunéville indique du permien au voisinage d'une diorite quartzique. C'est cette roche qui était autrefois dénommée granit d'Etival. Les exploitations n'existent plus à Etival même dont la population s'est accrue et dont les habitations se sont étendues ; à Deyfosse, la roche est en décomposition. C'est au hameau du Mesnil que dans un pré nous avons trouvé des blocs épars d'une roche à aspect granitique mais à grains très fins dont le rayonnement pénétrant fut trouvé très faible. Derrière une ferme, devant un trou d'exploitation, nous avons recueilli des échantillons variés de roche à grains de grosseur différente, diorite quartzique.

Diorite quartzique Men I [26,8 44,6 84,8 113,8]
Men II [59,3 80,3 135,1 196,8]

Nous ne donnons pas les chiffres de la roche décomposée de Deyfosse dont les mesures n'ont pas été régulières en raison même de sa décomposition. Par opposition aux nombres précédents, j'indiquerai aussi les chiffres obtenus pour le schiste mentionné schiste de Steige, affleurant à Biarville le long d'un petit chemin descendant vers la Meurthe.

Roche fraîche Biar. Fig. 16 [60,9 75,8 80,4 92,2]

Des débris de la même roche au même endroit ont fourni les résultats ci-dessous :

Fig. 15 Débris S. B. i [67,2 78,9 111,7 143,6]

(1) Roches et minéraux de Raon l'Étape (Vosges). 66^e congrès des Sociétés savantes, 1933, p. 166.

La roche dont nous avons mesuré l'ionisation au Mesnil et à Deyfosse et dont les échantillons ont été étudiés au laboratoire est incontestablement celle à laquelle Mme Jérémime (1) donne le nom diorite quartzique. « L'examen des roches qui forment le massif d'Étival montre peu de différence, dit-elle, dans la composition et la structure. Le type normal est à grain moyen, d'un gris verdâtre, on y reconnaît à l'œil nu de la hornblende, de la biotite, des plagioclases, peu de quartz. Localement, il existe des variétés à gros grain... On les trouve dans quelques carrières, dans le talus des chemins creux, mais surtout à l'état de blocs, épars sur les pentes, dans les champs et le long des routes. »

Après des études au microscope, le même auteur énonce que le type prédominant est un diorite quartzique ou quartzifère à amphibole et biotite. Il passe d'une part aux roches dépourvues de quartz et à plagioclase plus basique et d'autre part aux roches assez alcalines, où l'orthose apparaît et les barylites ne sont représentés que par la biotite. Mme Jérémime a distingué plusieurs faciès parmi lesquels, faute d'une étude suffisante, il nous est difficile de faire nous-même un choix. Nous pensons cependant d'après l'étude en lame mince que l'échantillon Men I le plus actif est un diorite quartzifère à biotite et amphibole, tandis que Men II est le diorite quartzique à biotite. L'échantillon érodé et altéré près de l'École de Deyfosse est vraisemblablement du type granodiorite.

Nous n'avons pas recueilli de *gabbro à amphibole*, bien que nous ayons constaté combien la carrière du Mesnil présente de variétés différentes.

E. R. et A. H.

Région de Senones

par M^{me} A. HÉE

GRANIT DE SENONES

Cette roche couvre une grande étendue, mesurant de l'Est à l'Ouest plus de 10 km entre le Harcotte bois et la Forain et environ 7 km du Nord au Sud, depuis Senones jusqu'au delà de Naye-mont. Le massif granitique, bien délimité sur la carte, n'est pas aussi apparent sur le terrain, sauf sur le pourtour, où les carrières d'exploitation sont nombreuses ; très souvent sa présence n'est dévoilée que par des blocs arrondis par la désagrégation et par l'arène granitique que caractérisent les grands cristaux de microcline.

Il est exploité en particulier à l'Ouest, dans la région du bois du Palon et au Nord-Est, dans les carrières au voisinage du Puid et du Vermont, sur la route de Senones à Grandrupt. C'est là que des échantillons ont été recueillis pour étudier leur radioactivité. D'autres carrières se rencontrent à St-Stail, la Bigorne, la Guiche de Vimont.

Par St-Stail le massif fait suite à l'imposante masse granitique du Champ du Feu dont l'âge des différentes coulées a donné lieu à des considérations intéressantes.

Le contour du massif granitique de Senones est assez profondément découpé, des pointes nombreuses pénètrent dans les schistes métamorphisés appartenant aux terrains dévono-dinantiens. Les contacts ont lieu au NW, dans la région du Palon, au Sud, près de la Grande Fosse, au NE, dans la région du Puid. Le granit ne montre pas le phénomène d'écrasement que Mme E. Jérémime relève dans les roches du Massif d'Étival ce qui lui fait dire qu'il est postérieur aux dépôts de la mer dévonienne et aux mouvements orogéniques hercyniens. (2).

Il n'en serait pas de même pour le granit que l'on trouve dans la région de Denipaire et, en petits gisements, près du Haut Bois et de Harcotte bois. Celui-ci, qui accompagne un diorite analogue à celui d'Étival, a dû subir les phénomènes d'écrasement en relation avec les mouvements hercyniens et, par conséquent, se trouve être antérieur au granit de Senones proprement dit. Au point de vue composition chimique et minéralogique, il n'existe pas de différences avec ce dernier, dit Mme Jérémime ; la provenance est la même, mais l'époque d'émission serait différente. Il serait donc intéressant de compléter l'étude géoradiologique en mesurant la radioactivité d'un échantillon pris près de Denipaire.

(1) Mme E. JÉRÉMIME. Massif dioritique d'Étival. Bull. de la Société Française de minéralogie 1935, t. LVIII p. 81.

(2) Mme E. JÉRÉMIME. Roches éruptives (grenues et volcaniques) et roches métamorphiques sur la feuille de Lunéville. Bulletin des services de la carte géologique de la France et des topographies souterraines, p. 494, t. XXXIX, 1937.

Le granit de Senones est à structure porphyroïde, il se distingue du granit de Raon par la présence de hornblende (1). Il renferme du mica noir et du feldspath sous forme de plagioclase et d'orthose et souvent, comme on l'a dit, en grands cristaux de microcline. L'aspect extérieur du granit rappelle de ce fait le granite d'Andlau. Sa couleur est gris brun ou rouge suivant les affleurements, à cause du développement de petits grains d'oxyde de fer dans les feldspaths et parfois dans les micas, d'où les dénominations des carriers « feuille morte » et « corail ».

C'est un granit calco-alkalin ; sa composition chimique, très constante, est la suivante : (2).

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	H ₂ O+	H ₂ O-
65,86	13,90	1,17	2,84	0,07	2,69	3,18	3,64	4,04	0,98	0,26	1,40	0,07

Le coefficient correspondant à la masse atomique moyenne dans le calcul du pouvoir d'arrêt est 4,53. On peut remarquer que non seulement l'aspect extérieur du granit de Senones rappelle celui d'Andlau, mais la composition chimique offre de grandes analogies. (Voir p. 54).

Le pouvoir d'arrêt ne serait différencié pour les deux roches que par la densité qui malheureusement est inconnue dans les deux cas. Si l'on considère les résultats obtenus, il n'y a pas lieu de faire un rapprochement des deux granits au point de vue radioactif, quels que soient les échantillons envisagés.

Comme on peut le voir par l'examen des données qui figurent ci-dessous, chaque échantillon du granit de Senones a sa courbe radioactive particulière et les courbes correspondant au granit d'Andlau (voir p. 52) viennent en grossir le faisceau sans révéler, ni une analogie très marquée, ni une différence très nette. Si l'on considère l'ensemble des granits des diverses régions étudiées, ceux de Senones, l'échantillon P V I mis à part, se groupent avec ceux du Champ du Feu.

1° *Granit de Senones, route de Vieux-Moulin, au-dessus de Senones.*

Cette roche a été prélevée dans une carrière près d'un gisement de schistes micacés à muscovite connus sous le nom de « pierre à aiguissette ». Sa couleur bleue la distingue nettement des autres roches étudiées.

La radioactivité est caractérisée par G Sen [92,8 145,7 171,3 192,9]

2° *Granit de Senones, près d'un gisement de trapp sur la route de Senones à Grandrupt.*

G T [44,0 78,0 122,7 155,1]

3° *Minette, route de Senones à Grandrupt.*

Bien qu'il ne s'agisse pas là d'un granit, l'étude de cette roche a été ajoutée parce qu'elle fait partie de la région. L'échantillon étudié provient d'un mince filon qui débouche dans la carrière de trapp signalée p. 71.

Les minettes ou kersantites sont riches en biotite, elles sont composées de plagioclase et d'orthose, elles renferment du pyroxène. La région considérée possède quelques étroits filons de cette roche, celui dont il est question est typique. Sa radioactivité correspond à

[13,5 74,5 113,7 151,8]

Les quatre échantillons qui suivent, ont été taillés en lames minces. M. R. Weil, chef de travaux à l'Institut de Minéralogie de Strasbourg, a bien voulu en faire l'étude microscopique.

4° *Granit de Senones, au Sud de Le Puid-Vermont.*

En lame mince les caractéristiques sont les suivantes : Mica brun très fortement polychroïque. Plagioclase séricitisé, souvent zoné, 28 % d'anorthite au centre (mesuré à la platine de Fédoroff). Angle des axes 2V ~ 80°. Quartz avec tendance à l'automorphisme. Microcline faculé d'albite — 2V 60° (anorthose ?) renferme souvent des gouttelettes de quartz.

Parmi les éléments moins abondants figurent l'amphibole verte avec des macles nettes, souvent associée à la biotite, au sphène, à l'apatite et à la monazite. La magnétite est en assez grande quantité. L'oligiste existe en inclusion dans le mica et l'amphibole, on en trouve un peu dans le feldspath et les fentes de quartz.

On ne voit pas d'auréoles pléochroïques dans le mica, la monazite se trouve dans les microclines.

Deux lames minces ont été faites dans deux échantillons différents, on ne relève pas de différence au microscope.

(1) De l'amphibole verte a été vue aussi dans des échantillons de granit de Raon.

(2) Mme E. JÉRÉMINE. Loc. cit. L'échantillon utilisé a été prélevé dans le voisinage du Vermont.

Un premier échantillon pris par terre parmi les morceaux brisés et dont l'équivalent n'a pu être retrouvé a montré une activité particulièrement grande représentée par

PVI [54,2 202,6 479,8 »]

Un deuxième échantillon s'est montré au contraire assez peu actif.

PVII [67,4 99,5 109,3]

5° *Granit de Senones. Palon Corail.*

L'étude au microscope donne lieu aux mêmes observations que précédemment ; cependant le plagioclase est plus altéré que dans le granit de Puid-Vermont, on trouve des groupements de quartz vermiculés (myrmékite).

La radioactivité est représentée par

[37,3 110,2 164,4 253,8]

6° *Granit de Senones. Palon « feuille morte »*

Cet échantillon ne renferme pas de myrmékite mais on trouve des inclusions de phénasite dans le mica et dans le feldspath, de l'épidote.

Au point de vue radioactif l'échantillon est caractérisé par

P F [45,6 146,9 273,4 357,5]

CONCLUSION. — La comparaison des courbes correspondant à ces diverses roches fait nettement ressortir la faible activité de la minette par rapport aux granits, pour la plus petite masse [0g, 500]. Sa teneur en thorium est cependant assez forte pour que sa courbe rejoigne celle du granit G T lorsqu'on opère sur une masse de 30 g.

Le granit au-dessus de Senones, G Sen, est particulièrement riche en radium et renferme peu de thorium. Les autres granits, moins riches en radium que G Sen, en renferment cependant une assez grande quantité.

Les deux échantillons du Puid-Vermont sont très différents l'un de l'autre au point de vue radioactif. Tandis que l'un, PV II, se montre presque dépourvu de thorium, l'autre PVI, révèle une grande richesse en cet élément et sa courbe rappelle celle des échantillons les plus actifs de Natzwiller.

Les deux échantillons prélevés dans une même carrière au Palon, mais dans deux gisements de teinte différente, sont également différenciés au point de vue radioactif, la variété « feuille morte » étant plus riche en radium que la variété « corail ».

Enfin, notons que la présence de monazite révélée par l'étude minéralogique si elle était reconnue générale pourrait expliquer l'existence du thorium dans la plupart des échantillons étudiés.

A. H.

Les Gneiss

On lit fréquemment que les roches acides comme les granits et les gneiss sont les plus riches en substances radioactives. Sous cette forme, l'affirmation est trop absolue. Le mémoire paru dans les Annales de 1936, a montré l'application de la méthode des radiations pénétrantes à la prospection de contacts entre granits et gneiss. Ce travail avait d'ailleurs déjà permis de conclure qu'il faut distinguer entre les gneiss suivant leur métamorphisme. Les mesures actuelles confirment cette première affirmation.

Les gneiss recueillis lors de la prospection de la région de Ribeaupillé sont nettement métamorphosés et actifs. La masse rocheuse de la première station à la sortie même de la ville donne en effet

G. Rib. S [7,5 18,0 42,4 66,2]

droite inclinée, faible activité de radium thorium.

La deuxième devant la maison Byfast conduit aux chiffres :

G. Rib. By [36,6 61,1 100,8 137,6]

Ce sont là des cas particuliers très intéressants pour l'étude des actions de métamorphisme.

Dans le massif de Sainte-Marie — Bressoir, les activités sont beaucoup moindres.

La plus forte a été observée sur le sentier du Bressoir à Haicot en 1937

G. S. H. [15,9 43,3 50,4 50]

Sur le sentier des Bagenelles à Haicot divers échantillons ont donné des résultats très différents :

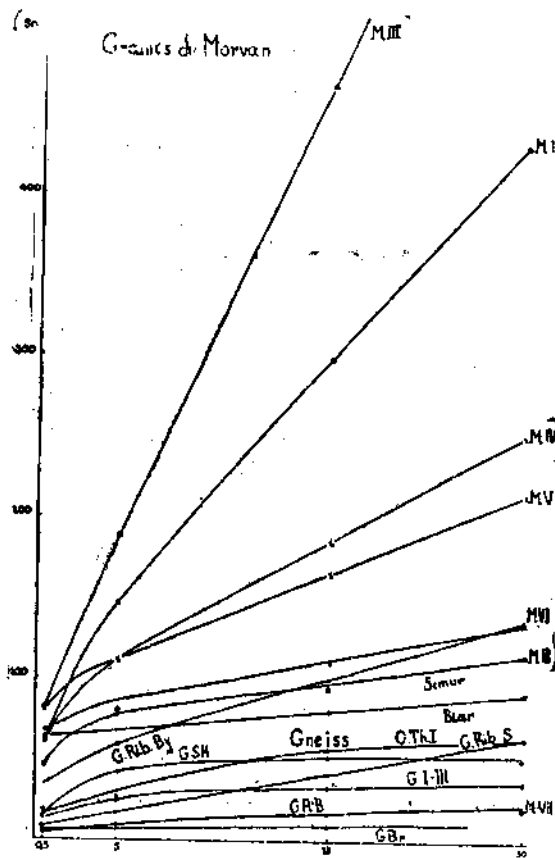


FIGURE 16

G. I.	[15,7	18	»	37,2]
G. II	[»	5,4	0	»]
G. III	[19,0	»	»	38]

I et III sont donc identiques ; ils ne donnent rien et nous avons indiqué la date de 1937 parce que des échantillons ont aussi été recueillis en 1936 sur le même sentier à 200 m. de Haicot :

[8	7	3,6	»]
----	---	-----	-----

résultats irréguliers tenant au défaut d'homogénéité en tous cas très faibles, sur la route des Bagenelles à Echery une roche n'indique rien.

[0	7	0	0]
----	---	---	-----

une autre est plus forte :

G. R. B.	[»	7,1	18,3	23,6]
----------	-----	-----	------	-------

Nous avons aussi étudié les gneiss dans une région quelque peu éloignée de celle-ci aux environs de Tholy près Gérardmer où nous avons obtenu les chiffres ci-dessous :

Arène près Tholy Alluvions

[10,0	38,8	64,4	74,8]
-------	------	------	-------

Gneiss près Tholy

GTh I	[18,7	26,1	56,5	63,6]
-------	-------	------	------	-------

Gneiss (non identifié exactement) près

Tendon

GTh II	[13,3	24,8	49,3	56,4]
--------	-------	------	------	-------

La première courbe est tracée sur le faisceau des courbes des gneiss. Fig. 16.

On voit qu'ici encore la radioactivité est faible bien qu'elle dépasse celle des gneiss de la région du Brézouard.

CONCLUSION. — La conclusion est qu'il est impossible de confondre gneiss et granits au point de vue de la radioactivité et que l'on est en possession d'un procédé commode pour distinguer même entre les divers gneiss.

Sauf dans le cas de métamorphismes importants leurs courbes sont très près de l'axe des abscisses. (Voir Fig. 16).

E. R. et A. H.

TRAPPS ET GRAUWACKES

1° *Trapp de Raon l'Étape*. — (Carrière de Trapp et de granit, près la route nationale de Lunéville à St-Dié).

Cette « pierre de routes » dont le nom populaire est trapp est une des plus importantes de la région Lorraine au point de vue des travaux publics. Sa dureté et sa résistance font qu'elle est appliquée dans tout l'Est de la France à l'empierrement des bonnes routes. Aussi des échantillons divers ont-ils été étudiés à l'Institut de Physique du globe au point de vue des propriétés élastiques au cours du travail déjà mentionné de Mlle J. Roess. Le coefficient de restitution $\nu = \sqrt{h/R}$ atteint 0,960 pour les beaux bancs. D'autres trapps de la région Netzenbach-Wisches nous ont été offerts par M. Schnoebelé ; comme ceux aussi des carrières de la Société Socarvo, ils sont moins élastiques, leur coefficient variant entre 0,928 et 0,920.

Tandis que Vélain considérait ces roches comme éruptives, A. Michel Lévy et H. Termier (1) ont montré qu'elles résultaient de l'action du granit sur des sédiments marneux et calcaires avec métamorphisme partiel.

Le fond de la carrière actuellement en exploitation à Raon est occupé par un banc de belle couleur gris-bleu très homogène. En prospection par la radiation pénétrante, c'est la couche qui nous avait donné l'ionisation la plus faible 5,8 jusqu'à cette année ou opérant sur les rochers de quartz pur du calvaire de St-Rémy s/ Durolle (Puy de Dôme) nous n'avons obtenu que 3,9

[0 3,5 0 2,5]

En lame mince on constate la présence de magnétique abondante. On voit de grands cristaux d'amphibole verte, bordés parfois de cristallisations postérieures aciculaires d'amphibole. Il y a de l'épidote en petits cristaux et beaucoup plus de cristaux d'andésine. La pâte apparaît chloritisée avec de fines aiguilles de séricite. D'après la note citée (1) cet échantillon se rattacherait à un type endomorphe avec des microdiorites quartziques et microgranitiques avec andésine, labrador, biotite, amphibole. Il y a aussi des Tufs volcaniques cornés avec débris de roches éruptives. (Le fait que la radioactivité est presque nulle me fait penser que dans ce banc l'action éruptive a été très faible. E. Rothé).

C'est peut-être un tuf d'andésite peu active comme nous en avons observé quelques unes.

II. *Trapp bigarré ou Corne tacheté.* — Il n'en n'est pas de même du trapp dit bigarré dont on aperçoit encore une grande falaise de roches aux belles teintes flammées dans l'ancienne exploitation de Raon.

La prospection sur le terrain a conduit à une radioactivité notablement différente de la première (2).

Au laboratoire nous avons obtenu [40,7, 72,23, 141,8, 153,0]. Cette seconde roche se rattache au type exomorphe.

En lame mince on voit de fines taches d'Andalousite ou de cordiérite à contours mal définis. Il y a de fines paillettes de mica blanc et de très fines aiguilles de rutile.

On peut d'ailleurs avoir affaire à des espèces assez différentes Schistes tachetés à andalousite, micacés à biotite, feldspathisés ; cornes à amphibole ou à pyroxène. Les produits ferrugineux sont représentés par la limonite dans notre lame mince. On est en présence d'un métamorphisme certain par du granit riche en substances actives.

Depuis G. Bleicher, Albert Michel-Lévy et H. Termier, Mme Jérémme, J. Jung les opinions sur le « trapp de Raon » se sont profondément modifiées.

Ce que nous avons appelé trapp bigarré est bien une roche métamorphique : on peut y distinguer des schistes micacés interstratifiés avec des grès dans la partie sud-est de la carrière à trapp bigarré. Du côté ouest de la carrière, sous le lac qui en occupe le fond et autour de lui, sont des cornéennes amphiboliques et pyroxéniques. Le tunnel qui conduit à la grande carrière nouvelle est creusé, selon Mme Jérémme, à travers une roche très dure, compacte et noire. Comme J. Jung, elle range le trapp bleu dans le groupe général des andésites.

Au point de vue de l'étude actuelle il y a lieu de consulter les chiffres des diverses andésites : ils sont tous supérieurs à ceux du trapp bleu. (Voir les figures 6, 7, 8).

Avant nos mesures sur le terrain du calvaire de Saint-Rémy-sur-Durolle le trapp bleu de Raon « détenait le record du minimum d'ionisation dans une carrière ». E. R.)

III. *Trapp de Grandrupt.* — Aux environs de la grande Fosse. C'est encore un gisement lorrain classique, visité par les élèves de Pécole des Mines. Notre échantillon provient de la carrière située entre Senones et Grandrupt ; il ressemble beaucoup au trapp de Raon bien qu'un peu plus actif que le bleu.

0g,5 5 18
5, 2 3,5 14,1

IV. *Trapp des baraques.* — Appelé aussi *Cordon bleu*, au dessous du Paire de Moyenmoutier,

(1) Michel-Lévy et H. Termier. Sur les roches nommées trapps de la région de Raon l'Etape (C.R. Acad. Sc. t. XXXII, 1923, p. 334.

(2) E. Rothé et Mme A. Hé. Prospection de la carrière de trapp et de granit de Raon l'Etape par les radiations pénétrantes. C. R. Acad. Sc. 1937, t. 201, p. 1835. Voir la carte illustrant cette note dans le premier mémoire. Annales I. P. G. S., 3^e partie. Loc. cit.

carrefour de routes dont l'une part d'Etjval, l'autre conduit au Sud vers Hurbache. Un peu moins active pourtant, cette roche se rapproche du trapp bigarré.

» » 18g 30
» » 53,1 117,8

Grauwackes. — Les grauwackes du Rothenbachkopf sont des roches qui peuvent être rapprochées des trapps. Les géologues Alsaciens appellent même grauwackes les trapps de Wisches ou Netzenbach.

V. *Grauwackes du sommet du Rothenbachkopf.* L'activité est faible, due à un peu de radium.

Gr. [7,2 11,5 46,3 51,9]

Dans toute la montagne du Rothenbach les grauwackes sont les mêmes comme l'a montré notre prospection avec une ionisation moyenne de 10⁶.

VI. *Grauwackes du vallon au bas du Rothenbach.* Le résultat est à peu près le même dans une station au delà des ruines d'une ancienne maison dite station 9 de la prospection.

(Voir premier mémoire). [28,8 41,7 51,9 55,9]

VII et VIII. Termes de transition plus ou moins métamorphisés riches en matière granitique ou éruptives. Le granit voisin doit être la *porphyride* des Vosges centrales.

1 [55,9 100,5 220,8 286,3]

2 [79,5 147,5 332,6 428,2]

Il est intéressant de rapprocher immédiatement des courbes précédentes celle du granit du Rothenbach, station 8, sous les roches du sommet à pic sur le vallon. Le passage progressif des matières métamorphisées au granit est très suggestif.

[108,8 179,8 357,2 520,4]

E. R. et A. H.

Granits du Morvan

par E. ROTHE

Au cours d'un voyage au Morvan où les massifs de roches cristallines se succèdent aux bords de la Cérée et de la Cure, « granulites roses typiques, gneiss granulitiques aux actions de contact multiples, gneiss francs et leptyniques associés, granulite blanche euritique, granit porphyroïde, variétés diverses de microgranulite (1) » il m'a paru intéressant de récolter au passage quelques échantillons des diverses roches que je rencontrais afin de les comparer à celles de l'Alsace de constitution analogue. Comme il n'a pas été taillé de lames minces, je me suis laissé guider par les dénominations indiquées dans le guide cité et sur la carte géologique. Les premières roches proviennent du grand barrage de Chaumeçon. C'est une belle granulite qui a donné :

M. I. [61,1 147,1 298,8 432,0]

M. IV [61,5 112,3 186,4 256,0]

Au barrage de Cresoent, au voisinage d'Avallon, deux échantillons très différents ont été recueillis : aux confins du barrage même un granit

M. VI [67,7 89,2 110,3 138,6]

Et au-dessus microgranit ou gneiss granulitique. C'est bien cette dernière dénomination que j'adopterais d'après les signes seuls de la radioactivité car on trouve

M. VII [» » » 21,5]

ainsi pour 30 g on a obtenu seulement 21,5.

Au voisinage de Chatellux a été recueillie une granulite blanche : c'est elle qui présente la plus forte activité, due en majeure part à du thorium

M. III [82,6 189,9 469,5 725,9]

Enfin deux granits sont parfaitement définis par leurs caractères ou leur emplacement.

L'un est le granit dit de Semur,

M. II [47,7 81,0 95,9 116,3]

L'autre, le granit de la roche du Chien dans des gorges réputées :

M. V [80,0 112,3 166,6 215,2]

La Fig. 16 réunit les sept courbes qui s'étagent dans l'ordre d'activités croissantes VII II VI V IV I III.

(1) Voir Avallonnais, Semurois et Morvan par Charles Vélain et René Bréon. Livret guide des excursions en France. VIII^e congrès géologique international.

CONCLUSION. — On pourrait rapprocher quelques unes de ces courbes d'autres provenant d'Alsace et des Vosges. Mais la conclusion qui me paraît la plus importante est encore relative au peu d'activité du gneiss. Les granits se placent ensuite et les activités les plus fortes reviennent aux granulites. Aucune des roches étudiées n'atteint les granits ou granulites de Kagenfels, Brifosse, Raon, etc...

Une étude approfondie permettrait sans doute d'en découvrir de plus actives, ou de rencontrer aussi au Morvan quelques phénomènes de concentration.

E. R.

Discussion et interprétation

par E. Romé

De tout ce qui précède il résulte que le point fondamental de la question traitée ici consiste dans la distinction entre les courbes des préparations au radium et au thorium. C'est donc la forme même de ces courbes qu'il convient d'expliquer et d'interpréter. J'ai déjà indiqué au cours de la rédaction que la méthode d'étude a pris corps peu à peu par suite de l'évolution des idées, conséquence de l'observation des faits et des réflexions qu'elle a suscitées au cours de plusieurs années de travail. Je passerai rapidement en revue les différentes orientations qui furent successivement abordées.

1° *Différences entre les propriétés des rayons α .* C'est la première idée qui se présente à l'esprit: les rayons du thorium ont des parcours différents de ceux du radium. Il en résulte que l'épaisseur de la couche mince agissante envisagée par les divers auteurs n'est pas la même pour les deux substances et que par suite les effets seront différents. La forme des courbes peut en être affectée dans une certaine mesure. Mais cette distinction quantitative ne peut expliquer totalement la différence d'allure que je n'ai pour ma part jamais vu signaler dans la littérature, bien que la question de l'émission des rayons α et de leur absorption ait été examinée en détail par de nombreux auteurs. (Voir plus spécialement les ouvrages de Mme P. Curie, celui de Meyer et Schweydker, les travaux de Joly, Evans, etc...)

2° *Influence des rayons β et γ .* Les rayons β et γ produisent aussi une ionisation dans le condensateur, mais étant donné la faiblesse de leur parcours limité entre les plateaux, leur action ne peut introduire que des ternies additionnels, qu'on peut appeler correctifs parce qu'ils sont petits par rapport à l'effet des rayons α . (Voir p. 22-29). On pouvait pourtant se demander s'il n'existerait pas dans le rayonnement du Th des rayons pénétrants de nature spéciale, possédant, entre autres propriétés, un pouvoir ionisant intense, par exemple par leur action sur les surfaces métalliques, les plateaux collecteurs eux-mêmes. Les rayons β du potassium produisent dans les chambres d'ionisation des effets qui ont été interprétés de cette manière par divers physiciens. Je ne pouvais procéder sans laboratoire à des expériences qui nécessitaient des montages spéciaux, peut-être même d'une réalisation impossible en ce moment. L'action quantitative des rayons pénétrants a été traitée en détail dans mon enseignement sur la radioactivité: il est bien évident qu'elle existe et intervient dans le montage utilisé dans une certaine mesure puisque c'est sur elle qu'est fondée la méthode même de prospection que nous avons mise à profit; et l'on sait que les grands condensateurs Curie construits par la maison Beaudouin, à large surface recouverte de plomb, sont spécialement destinés à leur étude.

C'est parce qu'on enregistre un effet total que le condensateur, utilisant cependant surtout les rayons α , porte le nom de condensateur à rayonnement global.

3° Le phénomène observé sur le Th est un effet de *masse*: il y a une quasi-proportionnalité à la masse, et c'est pour cette raison que l'attention est naturellement appelée sur la pénétration du rayonnement. Je n'ai pas rejeté a priori l'existence d'un rayonnement nouveau provenant d'une substance accompagnant le Th, ou encore d'un descendant (tel que le mésothorium). Un tel problème ne pourrait lui aussi être résolu que dans un laboratoire aménagé comme celui de la Sorbonne ou de la Carnegie Institution.

Je me suis donc contenté de chercher l'explication dans les phénomènes connus.

4° On se trouve ici en présence de deux genres de phénomènes : l'un de surface, l'autre de masse ou de profondeur. Or, il faut tenir compte d'une condition spéciale : un des composants des familles de corps radioactifs est un gaz, l'émanation.

Que cette émanation se dégage au cours des mesures, ce n'est pas une supposition, mais un fait expérimental au sujet duquel je peux apporter toute une série de preuves.

a) *Radioactivité induite.* P. Curie et Danne avaient appelé « radioactivité induite » le phénomène en vertu duquel solutions et substances radioactives laissent échapper un gaz communiquant l'activité aux métaux, aux corps divers qui s'y trouvent plongés : ainsi furent découverts les émanations et leurs descendants A. B. C., etc. . . ; le thoron fut reconnu le premier. Ce phénomène d'activation a lieu tout naturellement au cours des mesures et c'est une des principales causes d'erreurs proprement dites (erreurs de mesure) que les variations ainsi produites dans la *suite spontanée* ou *ionisation à vide*. Il faut supprimer les dépôts produits de Ra_A et Ra_C , Th_V et Th_C , etc., avant de continuer les mesures, d'où les opérations de lavages nécessaires et souvent insuffisants.

Il est donc certain que le dégagement d'émanation a lieu et est d'autant plus gênant que la masse est plus grande et la durée des opérations plus longue.

Des expériences ont été réalisées pour accumuler les preuves supplémentaires.

b) *Mesure de l'activation d'une chambre d'ionisation à l'aide de l'électromètre Wulf.* Du Th et du chlorure de Ba radifère ont été successivement placés dans les cuves plates annulaires, accessoires de l'instrument, destinées à recevoir la matière ionisante et recouvertes d'une cloche métallique appropriée. L'activation a été accélérée par le chauffage au bain de sable pendant quelques heures augmentant la vitesse de dégagement des émanations. Les substances ont ensuite été retirées, la cuve remplacée par une autre non encore activée et celle-ci ainsi que la cloche ont été mises sur l'électromètre dont on a suivi les déviations en fonction du temps. De cette manière on a pu suivre les variations de l'activité conformes aux lois de Curie. Ces substances de comparaison ont ensuite été remplacées par des roches et c'est ainsi que l'activation produite par la rhyolite du Rosskopf, bien que faible, a pu être nettement constatée ; elle correspond aux lois précédemment indiquées, elle atteint un maximum comme celles que produisent les sels de Th.

c) De la rhyolite pulvérisée a été placée dans une cuve spéciale de 1 mm de profondeur sur un fourneau électrique minuscule construit spécialement à cet effet et pouvant s'adapter au condensateur de mesure (modèle construit avec nos propres moyens). On ne peut effectuer de mesures pendant le chauffage même, parce que les gaz chauds introduisent des perturbations : leur ionisation peut compenser celle qu'on cherche à mettre en évidence. Après plusieurs essais, on opéra en chauffant d'abord quelques instants, supprimant ensuite le courant de chauffe et attendant quelques minutes. Dans ces conditions la mesure peut être faite sans trop de difficultés : elle prouve le dégagement de l'émanation ainsi que l'activation, les déviations étant augmentées dans le rapport d'environ 75 %.

d) Des solutions de rhyolite obtenues chimiquement mettent en évidence l'abondance du thoron dans cette roche.

La présence du radon n'est plus une discussion ; elle est mise hors de doute par de nombreuses preuves expérimentales : un dosage du radium contenu dans la rhyolite du Rosskopf effectué par la méthode de l'émanation m'a été aimablement communiqué par M. Evans ; il sera fait usage du résultat obtenu dans le paragraphe intitulé analyse des courbes.

5° C'est donc dans les propriétés des deux gaz qu'il convient logiquement de chercher au moins une des causes des différences observées.

Je n'ai pas trouvé dans les ouvrages à ma disposition de données suffisantes sur la différence que peuvent présenter les vitesses de diffusion dans l'air du radon et du thoron, ou à travers des substances préparées artificiellement telles que chlorure de baryum radifère, bromure, azotate, etc., ou à travers des corps naturels, roches éruptives telles que granits, silicates, quartz, feldspaths, micas, etc., roches sédimentaires, carbonates, calcaires, marnes, etc. . . Des expériences s'imposeraient à mon avis sur la diffusion des gaz émanés, contenant radon et thoron, expériences d'autant plus délicates qu'il ne s'agit pas de gaz purs mais d'air contenant de faibles quantités des deux émanations actives. Elles auraient une double utilité, parce qu'elles serviraient aussi à éclaircir un certain nombre de phénomènes, encore bien confus, dans la radioactivité de la terre.

On peut s'étonner, par exemple, que la radiation pénétrante se fasse sentir au-dessus d'un banc de granit à travers une couche parfois épaisse de mort-terrain, en tous cas plus épaisse que

ne le feraient prévoir les absorptions des rayonnements connus : il ne faut pas oublier l'influence des émanations qui traversent le sol, celle des eaux chargées de substances actives au contact des roches qui arrosent ces terrains ou agissent même par capillarité. L'émanation peut ainsi servir parfois d'intermédiaire, en quelque sorte, entre la source réelle du radium et la surface du sol, pour rendre manifeste la plus ou moins grande activité des couches sous-jacentes. Les observations de M. Garrigue (1) en temps de neige, sont une preuve nouvelle du dégagement continu des émanations dans la nature. (Voir aussi notre premier mémoire).

Malheureusement, ces expériences si nécessaires sur la diffusion n'ont pas été faites encore et on ne peut affirmer que cela puisse être, que le thoron soit libéré plus aisément et plus rapidement que le radon.

6° La propriété qui différencie nettement les deux gaz, c'est leur période ou leur vie moyenne. Ces périodes sont $T_{\text{Rad}} = 3 \text{ j } 823$; $T_{\text{Th}} = 54,5$.

Il en résulte que des masses égales de thoron et de radon produiront des effets d'ionisation d'intensité très différente dans le même temps.

Le nombre des particules émises par chacun des gaz en une seconde est donné par la formule théorique.
$$n = \frac{\lambda N}{A} \text{ ou } \frac{0,1693147 N}{T \cdot A} \text{ où}$$

N , est le nombre d'Avogadro $6,064 \cdot 10^{23}$

T , la période en secondes.

A , la masse atomique.

λ , la constante de désintégration.

$$\text{Donc, } n_{\text{Rad}} = \frac{1.258 \cdot 10^{-4} \cdot 6,064 \cdot 10^{23}}{222,60} = \frac{0,693147 \cdot 6,064 \cdot 10^{23}}{222,3823 \cdot 24.3600} = 5,73 \cdot 10^{15}$$

$$n_{\text{Thor}} = \frac{0,693147 \cdot 6,064 \cdot 10^{23}}{220 \cdot 54,5} = 3,505 \cdot 10^{15}$$

On sait que les courants d'ionisation s'obtiennent en multipliant le nombre des particules émises par seconde, par la charge élémentaire d'électricité $4,77 \cdot 10^{-10}$ et par le nombre des ions formés sur le parcours d'un rayon α , soit $1,57 \cdot 10^3$ pour le radon et $1,80 \cdot 10^3$ pour le thoron.

$$T_{\text{Rad}} = 5,73 \cdot 10^{15} \cdot 4,77 \cdot 10^{-10} \cdot 1,57 \cdot 10^3 = 42,91 \cdot 10^{10}$$

$$T_{\text{Thor}} = 3,505 \cdot 10^{15} \cdot 4,77 \cdot 10^{-10} \cdot 1,80 \cdot 10^3 = 30,094 \cdot 10^{11}$$

A masse égale le rapport des ionisations dans le même temps est :

$$\frac{T_{\text{Thor}}}{T_{\text{Rad}}} = \frac{3,505 \cdot 1,80}{5,73 \cdot 1,57} \cdot 10^1 = 0,7 \cdot 10^1 = 7000$$

L'ionisation produite par le thoron est donc 7000 fois plus grande que celle produite par le radon. J'ai supposé les masses égales : pour qu'il en soit ainsi dans une même roche, il faut, d'après les constantes de désintégration, que la proportion de thorium soit considérablement plus élevée que celle de radium ; car, à l'équilibre, pour des masses initiales égales de *Ra* et de *Th*, la quantité de thoron est très faible par rapport à celle de radon, mais il ne s'agit pas dans cette question de corps en équilibre. Sans doute, cet équilibre existe dans la lame superficielle agissante, mais le gaz dégagé par toute la partie inférieure de masse très importante par rapport à la précédente, n'est plus dans l'air en présence de son générateur et agit pour son compte propre.

Ainsi s'ajoute à l'ionisation produite par la surface celle qui provient de la masse profonde et est grossièrement proportionnelle à cette masse.

Dans le cas du thoron, la vie moyenne est si courte qu'au cours d'une même mesure dont la durée est de quelques minutes, le thoron dégagé peut se détruire, se reformer et être dégagé à nouveau, toujours d'ailleurs en équilibre à peu près instantané avec son premier descendant Th_A dont la période n'est que de 0,14.

L'étude de la décomposition du radon a été publiée avec chiffres à l'appui dans plusieurs ouvrages. Dans mon enseignement classique, j'ai traité les divers cas relatifs à l'équilibre de deux, trois, etc., corps et le cas général de n corps.

(1) H. GARRIGUE. Campagne de mesures de radioactivité dans les Vosges avec la collaboration de E. RORNE, J.-P. ROTAS et P. STABL (Ann. de l'Institut de Physique du Globe 1936, 3^e partie, géophysique).

L'application numérique des formules théoriques démontrées conduit aux résultats suivants pour le radon de masse initiale Rad_0

Au bout de trois heures la quantité d'émanation est encore 0,9776 de la masse initiale. Voici d'ailleurs les chiffres relatifs aux quantités présentes de Ra_A

Ra_A et Ra_C

Après trois heures

$$Rad = Rad_0 \cdot 0,9776$$

$$Ra_A = Rad_0 \cdot 5,422 \cdot 10^{-4}$$

$$Ra_C = Rad_0 \cdot 3,45 \cdot 10^{-3}$$

Après quatre heures

$$Rad = Rad_0 \cdot 0,9704$$

$$Ra_A = Rad_0 \cdot 5,37 \cdot 10^{-4}$$

$$Ra_C = Rad_0 \cdot 3,49 \cdot 10^{-3}$$

Ainsi c'est au bout de trois heures et demie environ que les quantités de Ra_A et de Ra_C et par suite l'ionisation atteignent un maximum autour duquel elles restent sensiblement constantes, quoiqu'on la méthode pratique indiquée par M^{me} Curie, pour le dosage de l'émanation dont elle recommande de ne mesurer l'activité qu'après cet intervalle de temps. Au bout de dix minutes, on a seulement :

$$Rad_{10m} = Rad_0 \cdot 0,99075 \quad Ra_A = Rad_0 \cdot 4,849 \cdot 10^{-4} \quad Ra_C = Rad_0 \cdot 3,4765 \cdot 10^{-3}$$

Après dix minutes, le radon dégagé n'a subi qu'une faible variation 1 % et la quantité de Ra_C n'est que la centième partie du maximum.

Décroissance du Thoron $e^{-\lambda_1 t}$ $T = 54,5$ $\lambda_1 = 1,3 \cdot 10^{-2}$

Temps en seconde	$\lambda_1 t \cdot 10^2$	$e^{-\lambda_1 t}$	Temps en seconde	$\lambda_1 t \cdot 10^2$	$e^{-\lambda_1 t}$
1	1,3	0,9871	100	130	0,27255
2	2,6	0,9744	110	143	0,2393
3	3,9	0,96175	120	156	0,21025
4	5,2	0,9493	130	169	0,1845
5	6,5	0,93705	140	182	0,1620
7	9,1	0,9130	160	208	0,1249
8	10,4	0,9012	170	221	0,1107
9	11,7	0,88910	180	234	0,09633
10	13	0,8781	210	273	0,06522
20	26	0,77105	240	312	0,04416
30	39	0,6765	270	351	0,02990
40	52	0,5945	300	390	0,02024
50	65	0,5221	360	468	0,009279
60	78	0,4584	420	546	0,004253
70	91	0,4025	480	624	0,001950
80	104	0,3545	540	702	0,0008939
90	117	0,31035	600	780	0,0004098

Il en est tout autrement du thoron.

Je n'ai pas eu en main dans les publications de table numérique indiquant la variation du thoron avec le temps.

J'ai donc calculé la décroissance de l'activité de ce gaz (Tableau ci-dessus).

Il est visible qu'au bout de deux minutes, il n'y a déjà plus que 0,210 de la quantité initiale, et qu'au bout de dix minutes, 600 secondes, la quantité présente est réduite à 0,0004.

Ces chiffres montrent d'une manière éloquente la différence essentielle entre thoron et radon au point de vue de leur décroissance ou de leur formation, désintégration du ThX et du Ra.

Les courants d'ionisation du thoron dégagé interviendront proportionnellement à la masse *pour des temps très courts*. Le radon ne pourra influer que dans des mesures de très longue durée. A ce point de vue, comme pour d'autres exposés dans ce même fascicule (1) il y a donc intérêt à réduire autant que possible la durée des mesures.

Il n'est pas pour le moment possible de procéder à une étude quantitative proprement dite, faute d'un étalon sûr ; mais il ressort du raisonnement précédent que le dégagement de thoron explique au moins dans son allure générale la forme des courbes du thorium.

(1) Voir E. ROTHÉ et VAN DER MIN dans ce même fascicule.

Pour aller plus loin dans la connaissance de la courbe il faudrait connaître le rapport du thoron dégagé à sa masse totale.

Analyse des courbes

Ainsi l'étalon de Th bien défini, nécessaire à l'étude quantitative expérimentale me fait encore défaut. En effet celui qui m'a servi et a ouvert la voie à ces recherches et à cette discussion n'est certainement pas, comme l'avaient cru les personnes qui me l'ont procuré, en équilibre avec tous ses descendants.

Je m'en suis pourtant utilement servi pour constater les différences que j'ai ci-dessus exposées, et aussi pour montrer, en partant de quantités bien connues, comment peuvent être tracées des courbes de synthèse. Mais si l'on admet qu'il contient en équilibre l'ensemble des corps de la famille, on est conduit dans l'analyse de certaines courbes expérimentales à des contradictions flagrantes : par exemple des courbes correspondant à des teneurs certainement élevées de thorium débutent pour 0g,5 par des valeurs incompatibles.

Bien qu'il ait permis des constatations utiles, notre étalon au Th ne peut être utilisé pour une analyse quantitative. Ce sont, en attendant une autre solution du problème, les roches anciennes elles-mêmes qui nous serviront de termes de comparaison.

J'ai profité dans tout ce qui suit de cette circonstance heureuse que M. Evans a déterminé avec soin la teneur en Ra de la rhyolite du Rosskopf, la lave Permienne qui, la première, a attiré mon attention. Elle contient $2 \cdot 10^{-12}$ g/g.

J'admets, ce qui paraît être à peu près exactement réalisé, que la mince couche de 0g,5 de matière répartie sur un large disque de 7cm,5 de diamètre produit son effet total. Cet effet correspond donc à la somme des effets partiels de $2 \cdot 10^{-12}$ g/g et d'une teneur inconnue de Thorium ; $2 \cdot 10^{-12}$ g/g dans 0g,5 produisent (Voir le diagramme fig. 2) une déviation correspondant à 20 unités d'uranium (Etalon laboratoire Dame).

Or la déviation correspondant à 0g,5 de rhyolite est produite par 48 unités ; il en reste 28 pour le Th. Si elle était produite par du Ra, cette déviation serait due à $2,8 \cdot 10^{-12}$ g/g.

Ce dernier calcul est facile : il suffit de se reporter à l'ionisation produite par les deux familles Ra et Th à l'équilibre.

Ionisation produite par 1g de Ra seul :

$$I_{Ra} = 3,68 \cdot 10^{10} \cdot 4,77 \cdot 10^{-10} \cdot 1,37 \cdot 10^3 = 24,04 \cdot 10^3 = 2,40 \cdot 10^6 \text{ U E S}$$

Ionisation produite par 1 g de Ra avec ses ascendants U_1 et U_2 et ses descendants :

$$I_{Ra} \text{ totale} = 2,40 \cdot 10^6 \left(\frac{1+2,50+1,34+1,57+1,72+2,20+1,52}{1,37} \right) = 2,14 \cdot 10^6 \text{ U E S}$$

calculée en fonction des coefficients d'ionisation de chacun des éléments (Voir p. 22 etc).

Ionisation produite par 1g de Th seul :

$$I_{Thor} = 3,18 \cdot 10^3 \cdot 4,77 \cdot 10^{-10} \cdot 1,24 \cdot 10^5 = 0,188 \text{ U E S}$$

Ionisation produite par 1g de Th avec tous ses descendants.

$$I_{Th} \text{ totale} = 0,188 \cdot 1 + \left(\frac{1,55+1,63+1,80+1,94+2,51}{1,24} \right) = 0,188 \cdot 8,6 = 1,62 \text{ U E S}$$

On voit donc que l'activité de 1 g de Ra (totale) est $\frac{2,14}{1,62} \cdot 10^7$ fois plus grande que celle de 1g de Th (totale) ou $1,32 \cdot 10^7$ fois plus grande ;

à $1 \cdot 10^{-12}$ g de Ra correspondent $1,32 \cdot 10^{-3}$ g de Th,

à $2,8 \cdot 10^{-12}$ g de Ra correspondent $2,8 \cdot 1,32 \cdot 10^{-3}$ g de Thorium ou $3,696 \cdot 10^{-3}$ soit $3,7 \cdot 10^{-3}$
La teneur en Thorium est ainsi connue.

Je déterminerai ensuite l'inclinaison de la partie à peu près rectiligne de la courbe entre les abscisses 18 et 30 g. Elle est caractérisée par la différence des ordonnées, à savoir pour la rhyolite Etalon $894 - 592 = 302$.

En résumé la rhyolite du Rosskopf contient $2 \cdot 10^{-12}$ g Ra par g et $3,7 \cdot 10^{-5}$ g Th par g. L'inclinaison de la courbe est définie par 302 unités et la déviation initiale (0g,5) mesure 48 unités, 20 pour le Ra, 28 pour le Th.

Je supposerai comme précédemment pour le tracé du diagramme que, tant l'ordonnée pour 0g,5 que la différence entre les valeurs pour 30 et 18g sont proportionnelles aux teneurs en Th ; l'inclinaison étant définie par 302 pour $3,7 \cdot 10^{-5}$ l'inclinaison pour $1 \cdot 10^{-5}$ sera $302/3,7 = 81,62$ et pour 0,1 elle sera 8,162. (1).

Il est ainsi facile d'établir une table, la table I qui contiendra, de 0,1 en 0,1, les différences caractérisant l'inclinaison par les différences ci-dessus en unités d'uranium. Entre les dixièmes, on se servira d'une table complémentaire d'interpolation analogue à celle des tables de logarithmes, afin d'éviter les règles de trois.

Une table II contiendra en face des teneurs de 0,1 en 0,1, les ordonnées pour 0g,5 en unités d'uranium, 28 correspondant à $3,7 \cdot 10^{-5}$. Une deuxième table d'interpolation évitera les règles de trois entre dixièmes.

Extrait des Tables à titre d'exemple

Table I		Table II		Tables complémentaires	
0,1	8,162	0,76		I	
0,2	16,324	1,51		1	0,01225
0,3	24,886	2,27		2	0,02450
0,4	32,648	3,03		3	0,03675
0,5	40,810	3,78		4	0,04900
0,6	48,972	4,54		5	0,06125
0,7	57,134	5,30		6	0,07350
0,8	65,296	6,05		7	0,08575
0,9	73,458	6,81		8	0,09800
				9	0,11025
2,0	163,240	15,13		II	
2,1	171,402	15,89		1	0,07567
2,2	179,564	16,65		2	0,15134
2,3	187,726	17,40		3	0,22701
2,4	195,888	18,16		4	0,30268
2,5	204,050	18,92		5	0,37835
2,6	212,212	19,67		6	0,45402
2,7	220,374	20,43		7	0,52969
2,8	228,536	21,19		8	0,60536
2,9	236,698	21,94		9	0,69103

(1) Il est intéressant de faire la part dans l'ionisation totale de chacun des constituants à l'équilibre.

Thorium				Radium			
Th.	0,188	1	0,188.1	0,188	U ₁	2,50	
Radio Th.	$\frac{1,55}{1,24}$		0,188.1,25	0,235	U ₂	$\frac{1,37}{1,37}$	$2,40 \cdot 10^6 \cdot 1,824$ 4,378.10 ⁶
ThorX	$\frac{1,63}{1,24}$		0,188.1,314	0,247	Io	$\frac{1,34}{1,37}$	» 0,978 2,347
Thoron	$\frac{1,80}{1,24}$		0,188.1,451	0,272	Ra	$2,40 \cdot 10^6 \cdot 1$	2,40
Th _A	$\frac{1,94}{1,24}$		0,188.1,564	0,294	Rn	$\frac{1,57}{1,37}$	» 1,145 2,748
Th _{CC}	$\frac{2,51}{1,24}$		0,188.2,024	0,380	Ra _A	$\frac{1,72}{1,37}$	» 1,235 3,012
				1,616	Ra _C	$\frac{2,20}{1,37}$	» 1,605 3,852
					Po	$\frac{1,52}{1,37}$	» 1,109 2,662
							21,819

D'après les travaux de divers auteurs Mme Curie indique :

Rn	R _n	Ra _A	Ra _C	Po
2,43	2,76	3,05	3,90	2,69

nombre très voisins des précédents. Si l'on sépare les effets des deux Uraniums, en adoptant au lieu de l'ensemble 2,50 les coefficients séparés 1,20 et 1,36 on aurait U₁ 2,10 U₂ $2,38 \cdot 10^6$

Méthode d'analyse et exemple : Soit une roche pour laquelle

$$A_{11,3} = 47,7 \quad A_{30} = 116,3 \quad A_{18} = 95,9$$

1° On forme la différence $A_{30} - A_{18} = 20,4$

Par règle de trois on peut dire : pour 302 la teneur est de $3,7 \cdot 10^{-3}$

$$\text{pour } 20,4 \text{ elle sera } \frac{3,7 \cdot 10^{-3} \cdot 20,4}{302} = 0,2499 \cdot 10^{-3} \text{ ou } 0,25 \cdot 10^{-3}$$

En utilisant la table on dirait : pour 16,324 on a $0,2 \cdot 10^{-3}$
pour 20,4 la différence $20,4 - 16,3$ est 4,1

$$\begin{array}{r} \text{la table complémentaire indique pour } 4 \quad 0,049 \\ \text{pour } 0,1 \quad 0,0012 \\ \hline \text{d'où } 0,2502 \cdot 10^{-3} \end{array}$$

2° On cherche dans la table II la teneur 0,25 :

$$\text{On trouve pour } 0,2 \quad A = 1,51 \quad 1,51$$

$$\begin{array}{r} \text{La table complémentaire indique pour } 0,05 \quad 0,378 \quad \text{d'où } \frac{0,378}{1,888} \end{array}$$

$$\text{On obtiendrait le même résultat par la règle de trois : } \frac{1,51 \cdot 0,25}{0,2} = 1,887$$

$$\begin{array}{r} 3^\circ \text{ On retranche cette ordonnée } 1,89 \text{ de } A_{0,5} \text{ soit } 47,7 \quad \text{d'où } \frac{47,7}{45,81} \end{array}$$

4° Le diagramme des courbes de Ra indique pour 45,8 la teneur $4,58 \cdot 10^{-13}$ Ra.

La roche contient donc $0,25 \cdot 10^{-3}$ Th et $4,6 \cdot 10^{-12}$ Ra g/g.

C'est par cette méthode qu'ont été établies les teneurs des diverses roches dont les courbes sont tracées dans les différentes figures.

Teneurs des roches en substances radioactives à partir de la rhyolite du Roskopf contenant
d'après Evans $2 \cdot 10^{-13}$ Ra/g d'après E. Rothé $3,7 \cdot 10^{-3}$ g Th/g

Nom	Teneur Thorium g/g 10^3	Teneur Radium 10^{13}	Nom	Teneur Thorium g/g 10^3	Teneur Radium 10^{13}
<i>Laves-La Réunion</i>			XVII. Pozzolana	0,576	4,08
III. Basalte (cône externe)	0,432	0,54	XVIII. 1872	<0,05	8,8
VI Syénite quartzique	<0	2,73	XIX. Lave Ceneri	0,272	12,1
VII. Labradorite	<0,05	0,29	XX. 1906	<0	8,22
XI. Trachyte	0,660	1,59	<i>Volcan fossile Arthur's Seat et Ecosse</i>		
XV. Basalte Plagioclase	0,342	1,11	c ₃	0,038	0,54
<i>Martinique</i>			d ₁	<0	0,29
Dacite Corbet	0,178		qD		0,07
<i>Vésuve</i>			BZd ₁	0,037	0,52
I. Lave récente	<0	12,3	1. Ecosse	0,094	<0
II. Lave avec sublimation	0,621	12,8	2. Idem	0,189	0,63
III. Coulée du 23-5-1937	0,227	9,9	4. Idem	0,211	<0
IV. Lave sublimation	<0	8,75	Plateau Central		
V. Lave 1937	0,116	9,28	<i>Région des Puy</i>		
VI. Lave récente	<0,05	8,80	1. Lave de Volvic		2,30
VII. Bombe 1900	0,046	14,2	2. Andésite		1,63
IX. Epoque inconnue	<0	8,22	3. Louchadière	0,161	0,50
X. Bombe 1872	<0	10,67	4. Projections Puy Pariou	0,463	0,95
XI. Lave 1895	0,104	9,37	5. Pariou Cratère inférieur	0,800	0,50
XII. Lave 1867	0,210	10,84	6. Gneiss	<0,05	2,65
XIII. 1872 ou 67	<0	11,7	8. Granit Puy de la Vache	0,073	1,95
XIV. 1872	0,150	9,32	9. Basalte Cheire d'Aydat	0,061	2,25
XV. 1834	0,140	9,25	<i>Mont-Dore</i>		
XVI. Lave Ceneri	0,115	8,09	10. Basalte Pliocène	0,067	2,24

(suite)

Nom	Teneur	Teneur	Nom	Teneur	Teneur
	Thorium	Radium		Thorium	Radium
	g/g 10 ³	10 ³		g/g 10 ³	10 ³
11. Andésite augitique	0,148	3,61	Gr III	0,119	3,82
12. Phonolite Pliocène	1,971	2,81	Bâ Champ du feu	0,930	2,91
13. Trachyte Mont-Dore	0,442	1,04	Bâ Débris	0,998	2,91
14. Trachyte à sanidine	0,370	3,61	Bâ nature dioritique	0,207	5,03
15. Basalte des Plateaux	0,080	1,98	SvIII	0,207	1,30
16. Lac Pavin	0,306	1,09	SvI	0,669	4,10
17. idem	0,512	1,60	SvII	0,900	4,14
18. idem	0,301	3,58	SvIV	0,607	1,67
18 bis Lac Pavin	1,133	1,96	Na III	0,257	2,57
18 ter idem	3,394	∞	Na I	3,07	5,85
19. Basalte pliocène	0,177	1,97	Na II	2,91	7,5
20. Gneiss	∞	4,63	Na III	0,226	2,58
<i>Massif du Cantal</i>			Na IV	1,36	10,1
22. Brèche Andésitique	0,069	3,92	R. Nat.	1,041	2,25
23. idem	2,095	3,32	C. R.	0,934	2,24
24. Andésite Basique	0,059	0,74	And. I	0,386	5,56
25. Andésite Barrez	0,686	3,1	And. II	0,389	0,62
<i>Velay et Mezenc</i>			How. I	0,564	3,88
29. Scories	1,11	∞	How. II	0,921	7,04
30. Scories (Tarreyres)	0,027	1,88	<i>Diorites</i>		
31. Basaltes Orgues d'Espaly	0,337	2,25	Dior. I	0,270	3,55
32. Tufs La Besseyre	0,397	1,23	Dior. II	0,222	1,65
33. Brèches labradorites	0,660	1,43	<i>Granits des Hautes-Vosges</i>		
35. Basalte compact	0,219	2,75	Granit Sainte-Marie	1,80	7,80
36. Phonolite Gerbier des Jones	2,188	4,02	Por. SA	0,691	10,5
<i>Volcans d'Alsace</i>			Por. à A.	2,79	3,76
I. Basalte Gundershoffen	0,434	∞	Por. R.	2,34	6,71
II. Riquewihr	0,186	1,16	Br. I	0,25	∞
III. Cerisier noir	0,145	2,03	Br. II	0,30	1,89
IV. A Orbey	1,043	1,83	E. Brif.	3,39	4,47
IV. B Idem	0,520	1,68	G. d'Orbey R. G. O.	0,571	4,60
IV. C Idem	2,323	1,44	G. du Bloc R. G. B.	1,75	5,80
Côte d'Essey	0,35	∞	G. C. N.	0,424	1,51
<i>Rhyolites</i>			Rib. Bi. I	1,085	1,96
Roskopf	3,7	2,0	Rib. Bi. II	1,690	1,42
R. M.	0,559	5,76	G. Crêtes Rib	0,86	3,03
Mel.	0,663	2,63	Ver. I	2,59	3,84
R. A.	0,418	3,93	Ver. II	1,55	3,14
RC p.	0,262	2,42	E.	0,33	0,67
RC g.	0,801	0,85	R. H. P.	3,48	7,18
RC 435	0,111	2,02	F. N. R.	5,28	6,14
RC 405	0,9	1,42	Rot. r.	2,00	9,37
RD	1,220	1,27	P. V. C. I	1,31	9,64
RE	0,982	0,65	P. V. C. II	1,40	8,89
<i>Argiles</i>			<i>Granits des Vosges Lorraines</i>		
Argile M ₁	14,33	5,81	Br. C.	0,74	10,35
Argile M ₂	37,51	46,8	Cor.	1,35	8,82
<i>Granits du Champ de Feu</i>			L. B.	0,893	7,02
KaIV Kagenf	5,133	12,1	B. F. I	0,709	2,13
KaII parcelle 54	3,29	5,01	B. F. II	0,674	2,40
GrII Grendelbruch	0,134	2,09	Raon II A. C. I.	2,733	5,50
GrI Idem	0,300	3,0	Raon II A. C. II	3,95	1,62
GrIV Idem	0,200	3,76	Raon I	2,033	3,10
			Raon vé	2,362	3,94

(suite)

Nom	Teneur Thorium g/g 10 ³	Teneur Radium 10 ¹¹	Nom	Teneur Thorium g/g 10 ³	Teneur Radium 10 ¹¹
Diorite Quartzique Mn I	0,375	2,39	<i>Trapps et grauwackes</i>		
Diorite Quartzique Mn II	0,756	5,36			
Roche fraîche Biarville	0,144	5,98			
Débris S. B. j	0,386	6,42			
<i>Gneiss</i>			Trapp bigaré T. bi	0,137	3,96
G. S. H.	∞	1,59	Grauwackes du Rothenbach	0,068	0,67
G. Rib. S.	0,292	0,53	G. R.	0,049	2,84
G. Rib. By	0,451	3,32	Termes de transition I	0,802	5,80
Arène Tholy	0,127	0,96	II	1,179	7,06
Gneiss près Tholy G. Th. I	0,086	1,73	Gr. Rothenbach	2,0	9,36
Gneiss non identifié G. Th II	0,086	1,19	<i>Granits du Morvan</i>		
			M. I	1,632	4,87
			M. IV	0,853	5,5
			M. VI	0,345	6,5
			M. II	0,25	4,6
			M. V	0,595	7,55

Remarques relatives au Tableau

I

Les décimales marquées dans le tableau ci-dessus résultent du calcul et ne représentent pas exactement la précision des mesures. Celle-ci dépend évidemment de l'exactitude de la teneur de l'étalon employé mais tels qu'ils sont indiqués, les chiffres ne sont certainement pas très éloignés des nombres vrais. Ils sont de l'ordre de grandeur trouvé par les autres méthodes tant pour les laves, comme celles du Vésuve, que pour les granits dont un certain nombre ont été analysés par la méthode de l'émanation. (Voir p. 32).

II

Au cours des calculs précédents qui ont conduit à ce tableau, je n'avais rencontré qu'une seule anomalie : pour Raon II A. C. II, on trouvait pour la masse 0g,5 29,9 pour l'activité due au Th., alors que l'activité totale était de 16,1 ; ce nombre résultait d'une erreur de copie et l'activité véritable était 46,1, ainsi la méthode utilisée s'est appliquée sans aucune anomalie à tous les échantillons étudiés. Elle a même permis de rectifier une erreur.

Programme d'études

Bien que ce travail d'ensemble ait été organisé en 1934 et que depuis cette époque bien du temps et des efforts lui aient été consacrés, je ne saurais le considérer comme une œuvre définitive, mais plutôt une tentative pour apporter aux sciences de la terre un nouveau genre d'informations. C'est une recherche de géophysique, telles celles qui sont entreprises aux Etats-Unis par exemple, au laboratoire de géophysique de la Carnegie Institution de Washington, et qui ont en vue de contribuer à la connaissance plus détaillée et plus exacte de la constitution de l'écorce. Mais, ne disposant pas des moyens des puissantes organisations américaines, j'ai dû borner mes ambitions : les résultats sont donc encore imparfaits, tant au point de vue de la quantité que de la précision. Ceci tient à des causes multiples dont les caractères sont très différents.

Tout d'abord, je ne pouvais échapper entièrement à une cause d'erreurs tenant au sujet lui-même : le défaut d'homogénéité de la roche. On pourra certes y remédier de plus en plus en accumulant les précautions et en perfectionnant le matériel, les procédés de broyage, de tamisage, d'agitation,

comme on a aussi commencé à le faire dans quelques laboratoires français. On arrivera ainsi à transformer une roche hétérogène en une poudre quasi-homogène qui sera d'autant mieux adaptée à la méthode des rayons α , modifiée comme cela a été décrit dans ce mémoire, qu'elle aura été plus mélangée et pourra être répandue en couche plus mince par évaporation d'émulsions volatiles.

Ainsi pourra être exécutée la série d'expériences en couches très minces que j'ai projetée (1). Je ne m'appesantirai pas ici sur les causes d'erreurs des mesures électrométriques bien connues des physiciens et qui sont réduites au minimum par l'emploi des électromètres et condensateurs actuels dont l'isolement est parfait, et dont il est possible de s'affranchir partiellement par des artifices convenables, compte tenu de la polarisation des diélectriques.

La principale lacune de cette méthode provient de l'absence d'étalons sûrs pour les composés du thorium. Je crois qu'il est possible d'en obtenir par une étude détaillée des dissolutions de roches, grâce à l'emploi de courants gazeux et l'application de la radioactivité induite. On connaîtra mieux ainsi les conditions de formation du thoron et on pourra aborder des études de diffusion.

Ce travail était commencé à Strasbourg et fut interrompu par la mobilisation et l'évacuation de l'Institut, qui, depuis, n'a pu jouir d'aucun laboratoire nécessaire à l'accomplissement d'un tel programme.

Les données relatives à l'absorption des rayonnements α , β , γ et à leurs conditions d'ionisation pourront apporter des compléments utiles à la théorie : un de mes élèves (2) a profité de ma présence à Aubière près Clermont (Puy-de-Dôme) pour utiliser les belles caves d'un propriétaire viticulteur de cette localité, superposées en deux étages séparés par une couche de basalte et y commencer d'intéressantes recherches, en vue du Doctorat, sur l'absorption du rayonnement pénétrant par les roches naturelles (rayons du Radium, Mésothorium, Actinium).

Un tel programme ne peut être accompli par un chercheur isolé : j'exprime le vœu que, parmi les collaborateurs et les élèves, malheureusement dispersés aujourd'hui, qui se sont intéressés sous quelque forme à la radioactivité des roches, il s'en trouve qui ne craignent pas de poursuivre une tâche difficile certes, exigeant autant d'ardeur que de patience, mais aussi assurément féconde en résultats.

Une autre partie de cette étude devra être complétée : c'est celle qui concerne les relations entre les minéraux constitutifs des roches et les substances radioactives. Malgré les bonnes volontés qui se sont manifestées, les lames minces n'ont pas encore pu être étudiées avec les détails suffisants; ce côté de la question exigerait la collaboration permanente d'un spécialiste éclairé et je m'excuse des lacunes que présente le travail à ce point de vue. Il n'est d'ailleurs pas évident qu'un examen même approfondi apporterait une solution complète et sans doute sera-t-il nécessaire de suivre la voie d'analyse indiquée par nos confrères des Etats-Unis.

Que ce programme de recherches nouvelles puisse un jour être rempli, quand bien même je ne serais plus en mesure de le réaliser moi-même, c'est ce que je souhaite de toute mon âme de chercheur français.

E. R.

P. S. — Au moment de mettre cet article sous presse, j'ai eu l'occasion, grâce à l'amabilité de M. Lapp, professeur à la Faculté de Pharmacie de Strasbourg, d'observer dans un spectroscope Jobin très dispersif les raies données dans l'arc électrique par un fragment de Pargile M_2 de Saint-Michel (p. 45). A l'exclusion des raies des charbons en coïncidence et pouvant introduire un doute, le Thorium y a été caractérisé de manière certaine par les raies :

492 486 475 439-38

(1) Voir p. 24 de ce fascicule.

(2) D. Milcoveanu, ingénieur géophysicien de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, ancien élève de l'Ecole Polytechnique de Bucarest.

Phénomènes de concentration de la radioactivité

par E. ROTHÉ, membre correspondant de l'Académie des Sciences,
Directeur de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg
et J. VAN DER MIN, ingénieur-géophysicien

D'après certains géophysiciens ou géochimistes, un des traits les plus caractéristiques des substances radioactives, aussi bien celles des familles du thorium que de l'uranium, est leur extrême dispersion (1).

Mais on constate aussi à la surface du globe des phénomènes de concentration de la radioactivité d'une importance primordiale. Ch. Snowden Piggot (2) a imaginé un canon-sondeur qui lui a permis de recueillir des échantillons (véritables coupes géologiques) du fond de l'océan. Dans les matières dites « argiles rouges » sédimentaires du fond, il a trouvé que la concentration du radium est en général beaucoup plus grande que dans n'importe quelle roche continentale sédimentaire ou même ignée ; elle peut atteindre 11.7×10^{-12} gr Ra par gr de matière sèche, tandis que la concentration dans les granits peut être évaluée en moyenne à 2.5×10^{-12} gr Ra par gr et celle des basaltes à environ 1.0×10^{-12} gr Ra par gr. Dans quelques échantillons la teneur est encore plus élevée ; ce sont généralement ceux qui proviennent des parties les plus profondes ou de celles qui sont le plus éloignées des régions continentales qui envoient des détritiques dans la mer. La teneur élevée de cette radioactivité est d'autant plus remarquable, dit Piggot, que les matières sédimentaires des continents, même les argiles et les pierres calcaires contiennent moins de radium que les roches ignées. Au cours de ses recherches sur la radioactivité des roches, M. E. Rothé a rencontré des phénomènes de concentration du radium et du thorium qu'on peut dans une certaine mesure rapprocher des faits précédents. Le plus saillant d'entre eux a été observé dans une carrière de rhyolite permienne des environs de St-Dié (Larmont près St-Michel sur Meurthe, Nompelize) où ont été extraits des nodules d'argile de couleur violet pâle, dont la forte radioactivité a déjà été signalée dans une publication précédente (3) ; elle est la plus forte de toutes celles qui ont été trouvées jusqu'à présent au cours de l'ensemble de nos recherches dans les divers terrains (15 bis), si on excepte naturellement les substances contenant des cristaux de chalcophile, autunite, monazite, de la pechblende etc..., considérés comme de véritables minerais d'uranium-radium ou de thorium (voir tableau I). La rhyolite de la carrière elle-même ne présente qu'une activité moyenne (voir tableau N° 16). Il y a d'ailleurs des rhyolites plus actives, comme celles du Roskopf qui se rapprochent à ce point de vue de certains granits (17). Nous avons d'ailleurs constaté que cette activité importante de l'argile semblait avoir diminué avec le temps (15) ; nous ne pouvons cependant donner de précisions ou d'assurances sur ce point parce que nous n'avons pas eu l'occasion de suivre régulièrement cette variation ; les mesures ont été faites avec des appareils différents et ont porté sur des poudres différentes extraites cependant du même échantillon primitif ; il semble pourtant probable que cet affaiblissement existe. Au bas de la même carrière se trouve une boue argileuse riche en fer et manganèse d'activité un peu plus faible que la précédente (14 et 14 bis), bien qu'encore très importante et comme elle est due en majeure partie au thorium M. E. Rothé pense qu'il s'agit là d'un exemple frappant de concentration des corps radioactifs dont le mécanisme mériterait une étude approfondie et qui doit être rapproché de celui de la concentration du manganèse dans les wads ou du thorium dans les placers.

Ces remarques nous ont conduits à penser qu'il serait intéressant d'étudier la radioactivité des

(1) W. VERNADSKY. — La Géochimie, Paris, Alcan 1924, p. 335. Les problèmes de la radiogéologie. Actualités scientifiques industrielles. Hermann et Cie, Paris 1935.

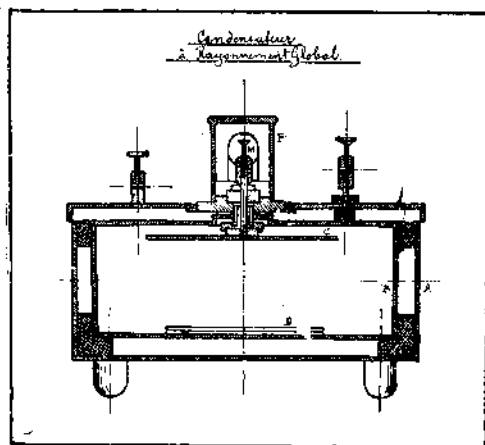
(2) Ch. SNOWDEN PIGGOT. — Radium content of ocean-bottom sediments (Resch. Amer. Journ. Science, 1933) Mem. N° 811 du laboratoire géophysique de la Carnegie Institution, Washington. Cores samples of the Ocean Bottom. Rapp. ann. pour 1936 de la Smithsonian Institution Washington. Traduction française de J. Cochin. Revue hydrographique vol. XV, N° 2, Nov. 1938, p. 63.

(3) Comptes rendus, 210, 1940, p. 30-32.

matières argileuses provenant de l'altération des roches éruptives et de les comparer à celle des dépôts sédimentaires. M. Van der Min, a recueilli dans le Puy-de-Dôme un certain nombre d'échantillons. Les mesures ont été exécutées au laboratoire par la méthode des rayons α dite « des couches d'épaisseurs variables » (3).

Méthode expérimentale.

Nous rappelons seulement ici le dispositif général classique de mesure Curie ; un électromètre à quadrants isolé à l'ombre est associé à un condensateur spécial où se produira l'ionisation, chargé par une différence de potentiel élevée qui doit être en tous cas suffisante pour que le courant de saturation soit atteint. Le condensateur dit « à rayonnement global » est un modèle Baudouin modifié susceptible d'être chauffé au besoin, les divers rayonnements α , β , γ , interviennent puisque le rayonnement entre les plateaux n'est arrêté par aucun écran, d'où le nom qui lui a été donné par opposition au condensateur de très grande dimension, recouvert de plomb et ne laissant pénétrer entre les plateaux, à partir de l'extérieur, qu'un rayonnement γ dur, mais E. Rothé a montré dans son enseignement par des exemples numériques que le rayonnement α est de beaucoup le plus intense et que les autres n'interviennent que comme termes additifs, fait également vérifié expérimentalement par des préparations spécialement appropriées de radium et de thorium.



Le condensateur. (Le même qui a servi dans les mesures publiées antérieurement, 3 loc. cit.).

Il est composé de deux boîtes cylindriques concentriques. La boîte extérieure A est isolée de la boîte intérieure B par l'intermédiaire de cales en ébonite (voir fig. 1). La boîte cylindrique intérieure B est portée à un potentiel élevé (quelques centaines de volts) pour que le courant de saturation soit obtenu. L'autre boîte A au contraire est reliée au sol. Dans l'intérieur de la boîte B se trouve une glissière D sur laquelle on peut placer, dans une position fixe repérée (cercle gradué) le disque contenant la substance radioactive. A la partie supérieure du cylindre B se trouve un plateau C qui est parfaitement isolé par de l'ambre pur. Cette armature du condensateur est en connexion avec M par l'intermédiaire d'une tige, donc en communication avec l'extérieur. On a protégé électrostatiquement ce plateau C par le cylindre extérieur A qui est en communication avec le sol par le chapeau P. Les deux boîtes concentriques sont munies d'ouvertures fermées par deux portes qui peuvent tourner autour de charnières et qui permettent d'introduire la substance à étudier dans le condensateur. Après avoir refermé les ouvertures, on porte le cylindre B à un haut potentiel. On observe par la méthode de Poggendorf, (rien de particulier à signaler à ce sujet). Soit une substance radioactive, par exemple l'étalon d'uranium constitué par un disque de 8 cm de diamètre et 3 mm d'épaisseur avec une cavité cylindrique de 1 mm de profondeur et 5 mm de diamètre. Le condensateur étant chargé, les deux paires de quadrants au sol, on supprime la communication au sol des quadrants de charge à l'aide d'un marteau actionné par un électro-aimant, en évitant les chocs ; le spot dévie. On note le passage au zéro de l'échelle après une dizaine de minutes après l'ouverture et soulèvement du

marteau et on observe la déviation obtenue au bout de cinq minutes. Le temps de 5 minutes sera le terme de comparaison pour les expériences ultérieures avec d'autres substances exécutées dans le même temps. Il faut donc que ce temps « Standard » soit très constant. Toutes les précautions seront prises pour s'affranchir de l'inertie du fil au départ, des irrégularités diverses qui ne s'équilibrent qu'au bout d'un certain temps. (C'est pourquoi on laisse s'écouler quelque temps après l'ouverture du marteau-clé avant de noter le départ du zéro). Le voltage étant élevé, l'ambre qui isole le plateau et qui est un « diélectrique » est soumis à un champ intense où se produit une polarisation au cours de laquelle l'électromètre n'accuse pas exactement le courant d'ionisation, car des charges supplémentaires sont nécessaires à la production de cette polarisation, ce n'est qu'au bout d'un certain temps que la polarisation atteint un maximum et c'est seulement alors que le courant accusé par l'électromètre correspond bien à l'ionisation de la chambre. Inversement, si on passe d'un champ élevé à un faible, il y a diminution de la polarisation et des charges se produisent en sens inverse.

E. Rothé a cherché à éviter ces faits de deux manières :

1^o *par construction* : on s'applique à ce que l'ambre ne soit pas dans sa plus grande partie dans le champ intense. A cet effet on l'entoure d'un écran au sol de telle manière que les lignes de forces aboutissant à l'ambre soient peu nombreuses. (Il y a lieu d'améliorer le plus possible la construction à ce point de vue).

2^o *par la méthode de travail elle-même* : en maintenant la charge permanente sur le condensateur pendant les heures qui précèdent la mesure.

Au cours des mesures exécutées en 1939 avant la déclaration de guerre, les piles Wonder de 500 V se sont montrées excellentes pour la charge ; faute de pouvoir s'en procurer, on a utilisé en 1940, au lieu de pile sèche, des boîtes d'accumulateurs au ferro-nickel, on s'est d'ailleurs assuré que le courant de saturation était bien atteint avec leur voltage inférieur.

Lorsqu'on opère avec des substances très peu actives, donc avec des déviations très faibles, on est obligé de laisser l'opération durer très longtemps ; p. ex. de faire des lectures toutes les dix minutes pendant quarante minutes ; au cours d'une si longue opération, les conditions d'isolement, de pénétration, etc... peuvent changer. On s'assurait de la constance des mesures par la comparaison des lectures faites toutes les dix minutes et on n'acceptait comme bonnes que les mesures offrant des différences de déviation à peu près constantes dans le même temps (courant constant).

L'incertitude principale provient de la fuite spontanée, variable au cours de quarante minutes d'une opération à l'autre, malgré le lavage à l'eau, acide, eau, potasse, des plaques supports. Ce fait est dû à une activation par dégagement d'émanation (radon et surtout thoron), à la conductibilité et à la polarisation. Comme au cours des mesures de 1940, on avait affaire à des substances en général très actives, la méthode d'observation put être simplifiée.

L'ordre de grandeur des déviations pour la substance en étude et pour l'étalon d'uranium est le même. On peut donc se contenter d'observer pendant quelques minutes en régime permanent. Cela permet de faire de nombreuses mesures répétées et de s'assurer que le régime permanent est bien atteint. D'autre part, afin d'éviter le changement de distance entre la substance active et le plateau supérieur, non seulement on a placé des plateaux-cales sous les différents disques de mesure pour les amener à la même hauteur, mais on a procédé en les remplissant totalement, tassant la matière et égalisant les bords en un plan aussi parfait que possible. Il semble qu'ainsi les différents points représentatifs se rangent mieux sur des *courbes continues*.

Dans le travail actuel, on a négligé les mesures à très faibles masses ou petites épaisseurs, malgré leur intérêt évident : ce sont elles en effet qui permettent de construire les parties initiales des courbes de radioactivité dans lesquelles les phénomènes d'absorption ont l'importance la moins marquée. E. Rothé se propose de faire fabriquer des plaques cuvettes spéciales peu profondes pour utiliser des masses aussi faibles que possible, mais il faudra alors augmenter notablement la sensibilité de l'électromètre (notamment en utilisant des fils de suspension de petit diamètre).

Avec les précautions indiquées, la méthode classique bien connue utilisant le courant d'ionisation, suffit à donner une mesure de l'activité considérée comme proportionnelle à ce courant. Nous nous sommes servis d'un étalon auxiliaire dont la valeur est de 0.00343 de celle de l'étalon du labora-

toire Danne; nous l'avons déterminée en comparant les déviations obtenues à celles que donne l'ancien étalon de Strasbourg. Dans deux séries de mesures on obtint :

$$\frac{E \text{ Paris}}{E \text{ Strasbourg}} = 1.08 \text{ et } 1.17 \text{ ou en moyenne } \frac{2.25}{2} = 1.12$$

Tel est le facteur de transformation pour lequel nous avons dû multiplier la valeur ancienne de l'étalon auxiliaire qui était 0.00306 de l'étalon Danne, d'où $0.00306 \times 1.12 = 0.003427$, soit environ 0.00343.

Nous rappelons (3) que l'allure de la courbe obtenue en portant en abscisses les masses ou les épaisseurs et en ordonnées les activités en étalon Danne, est différente suivant que la substance contient des proportions différentes de radium ou de thorium; à partir d'une certaine épaisseur (fort petite d'ailleurs) les substances ne contenant que du radium, fournissent une courbe présentant un palier net, c'est-à-dire que l'activité est à peu près superficielle et ne dépend pas de la masse totale; au contraire pour les substances au thorium les courbes se terminent par une branche ascendante presque rectiligne; la loi suivant laquelle l'activité dépend de la masse ne pourrait être définitivement connue que par une série d'étalonnages qui doivent être prochainement exécutés.

[Des phénomènes de concentration ont encore été observés au cours de prospections exécutées sur le terrain sous ma direction par la méthode des radiations pénétrantes (1) par M. D. Milcoveanu, qui a entrepris ainsi un travail de large envergure sur diverses questions relatives à la prospection par les radiations pénétrantes. E. Rothé]. Sur la route de Ceyrat à Berzet près de Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme) une prospection fut faite sur des terrains comprenant du granit, de l'aplite et diverses roches basaltiques. Sur une arène granitique nous trouvâmes à plusieurs jours d'intervalle $18i,2 \text{ cm}^3/\text{sec.}$, tandis que les terrains ou roches environnants n'accusaient que 9 à 12i. Une arène moins riche en mica que la précédente fournit au contraire le chiffre 15i, 4. Les mesures de laboratoire (rayon α) ont confirmé ces résultats (tableau 1); les granits massifs frais ou peu décomposés ont fourni les chiffres VII, VIII, IX du tableau, l'aplite ceux de X, tandis que l'arène a conduit à ceux de I à VI. Les portions de courbes de chacun des cas peuvent être aisément construites à l'aide des valeurs ci-dessus; elles sont presque rectilignes et ne diffèrent entre elles que par le traitement que le sable a subi.

1° poudre tamisée au 1^{er} tamis.

2° tamisée au 2^{me} tamis plus fin.

3° tamisée au tamis 2 et pilée une 2^{me} fois.

4° poudre primitive pilée et tamisée à 2.

5° résidu du tamisage, composé de cristaux n'ayant pas passé dans les mailles, pilé.

6° même opération, mais pilage très fin.

On constate que pour ces différents cas l'activité demeure toujours nettement plus grande que celle des granits ayant également subi le pilage et le tamisage. C'est un premier fait qui prouve bien que dans l'arène la radioactivité a été concentrée. On peut l'expliquer en remarquant que les composés du thorium sont peu solubles, on ne les rencontre ni dans les eaux phréatiques ni dans les eaux vadoses, les phénomènes d'érosion, auxquels tous les corps constituants ont été soumis, les a privés d'un grand nombre de corps solubles inactifs, tout en laissant en place les composés actifs.

D'autre part, les eaux traversant ces sables, après avoir érodé les roches voisines, ont entraîné les composés solubles d'uranium et radium et ont pu ainsi activer l'arène par dépôt de la série des produits de la famille uranium-radium. C'est une deuxième raison d'enrichissement.

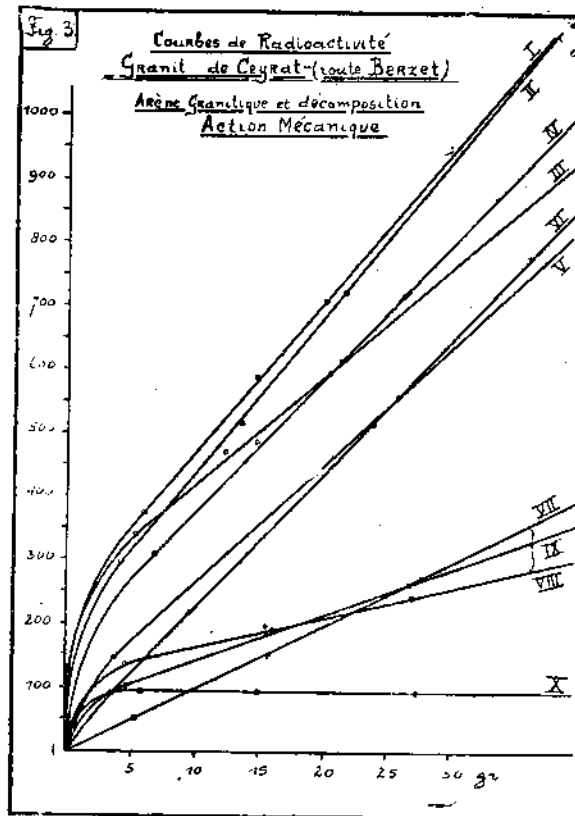
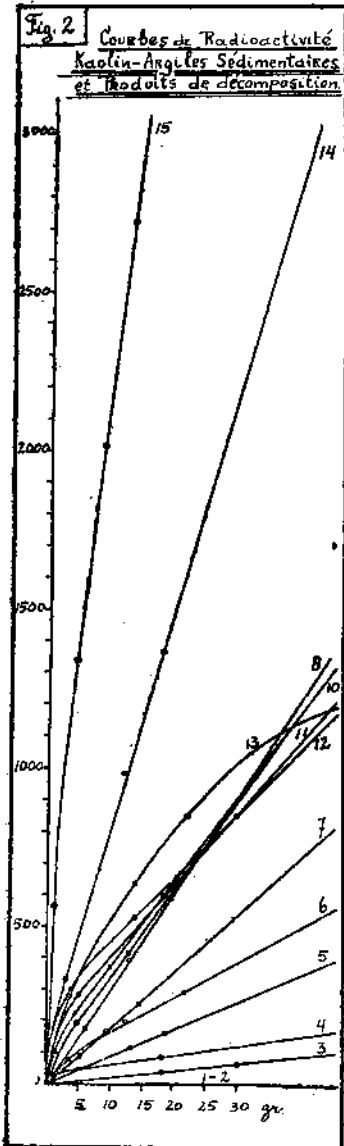
Si cette explication est exacte, à masse égale, l'arène doit manifester une plus forte activité que la roche même dont elle provient.

D'autre part il existe entre les courbes I à VI des différences marquées, bien que faibles; comme on n'aperçoit aucune cause d'erreur dans des mesures exécutées en série dans les mêmes conditions, il semble que le pilage modifie l'activité. D'autres physiciens ont déjà remarqué que la nature de la surface modifie les émissions de rayons α ; il paraît surtout vraisemblable que le dégagement des émanations à la pression ordinaire ne doit pas être le même pour la roche et des poudres de finesse différentes. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle nous avons cru bon d'employer toujours des tamis afin d'opérer sur des poudres de constitution géométrique et mécanique à peu près identique. Un autre effet de concentration a été observé au pied du phonolite ϕ_0 de la roche

(1) Comptes rendus 201, 1905, p. 802; 203, 1906, p. 238; 204, 1907, p. 1435, Ann. Institut Phys. Globe Strasbourg, 3^e partie.

Sanadoire, région du Mont Dore (Puy de Dôme), où un sable argileux a également fourni un nombre d'ions supérieur à celui des terrains voisins (rayons pénétrants); les résultats sont confirmés par la courbe 11 du tableau (rayons α). Les courbes correspondant aux chiffres du tableau I sont représentées dans les figures 2 et 3.

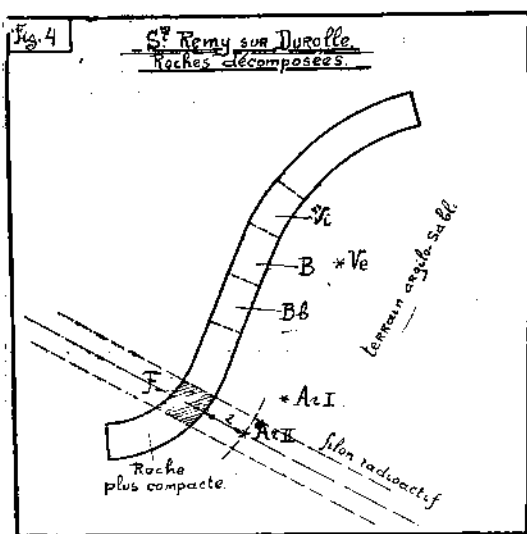
Nous indiquerons encore des séries de mesures exécutées sur des échantillons de terrain, voisins du filon radifère du Forez où se rencontrent en divers endroits des chalcocites, pechblendes etc...



Nos échantillons proviennent de St-Rémy sur Durolle, localité se trouvant au nord de Thiers.

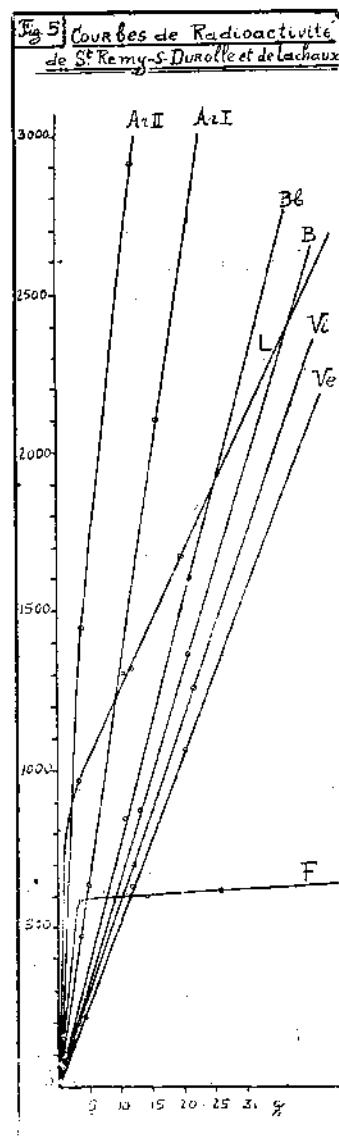
Les terrains sont composés en grande partie de roches granitiques, granits alcalins et granits à amphiboles, avec au nord, intercalés dans ce massif granitique, de petites portions constituées de granulites, granit à mica blanc et à deux micas ainsi que pegmatite et aplite. Ces terrains granitiques sont limités à l'ouest de St-Rémy sur Durolle par une grande faille de direction NNW-SSE et s'étendant de Bussel au nord vers Thiers au sud.

A l'ouest cette faille sépare le granit d'une bande relativement étroite de terrain oligocène (Sannoisien et stampien). Dans la vallée de l'Allier et la Dore, ces terrains passent sous des couches plus récentes d'âge pléistocène avec des formations actuelles. E. Rothé et D. Milcoveanu ont mis en évidence au voisinage du calvaire de St-Rémy, formé de belles roches de quartz pur, par la méthode des rayons pénétrants, un filon très actif qui



se manifestait par $35,9 \text{ cm}^3/\text{sec}$. Il est utile de remarquer qu'au sommet du calvaire dans le quartz l'électromètre a indiqué 3,9, le plus petit chiffre de tous ceux qui aient été observés jusqu'à présent. Il a été reconnu plus tard que de rares cristaux de chalcocite se trouvaient dans ce filon, mais c'est uniquement la mesure électrométrique qui a mis en évidence son passage en cet endroit. La municipalité ayant fait exécuter un travail de nivellement pour un terrain de sport, il a été possible d'effectuer tout le long d'une coupe géologique formée par un talus, une prospection dont les résultats seront publiés ultérieurement (Croquis fig. 4). Nous indiquerons seulement dans l'exposé actuel les résultats obtenus au laboratoire (rayons α) sur des échantillons de substances argileuses diverses, recueillis le long de cette coupe. Ces échantillons ont des couleurs très différentes, brun, jaune, violet, vert, blanc, etc., teinte variant beaucoup avec l'humidité. Les résultats figurent dans le tableau spécial de St-Rémy sur Durole (tableau II-I) et sont indiqués par des lettres (F, Ve, Vi, B, Bb, L, ArI, ArII). Les courbes correspondantes sont dessinées fig. 5.

La roche du filon actif se différencie totalement des autres par son allure (F). Les trois points correspondant aux masses diverses constituent presque un palier et il faut en déduire d'après les méthodes indiquées que l'activité est due surtout au radium ; au contraire les argiles recueillies dans le voisinage à des distances indiquées sur le croquis ci-joint sont des droites ascendantes correspondant à une forte activité. La courbe L se rapporte à un produit de décomposition de granit provenant du sondage du filon de Lachaux, autre localité proche de St-Rémy sur Durole où fut tentée autrefois, comme à St-Rémy, une exploitation de corps radioactifs (Tableau II-II).



Radioactivité (Tableau I)

Kaolin, argiles sédimentaires et produits de décomposition de roches éruptives

NOM	ACTIVITÉ RELATIVE EN ÉTALON A L'URANIUM				
	masse gr. —	5,0	10	15	20,0
1 Kaolin blanc pur (la Bosse)			néant		
2 Kaolin rose (la Bosse)			néant		
3 Argile rouge sableuse (Madriat)		12	23,5	32,7	44
4 Argile (Créteil, bassin de Paris)		50	67,5	83	98
5 Argile rouge sableuse (Combronde)		44	91	138	184
6 Argile rouge sableuse (Montcel)		110	164	216	269
7 Granit décomposé (la Bosse)		88	179	272	361
8 Argile intercalation de granit Saint-Hippolyte		149	302	452	606
9 Argile jaune (Combronde)		180	321	465	612
10 Roche décomposée blanche (Madriat)		234	366	494	628
11 Roche décomposée blanche (Sanadoire)		288	416	532	643
12 Argile verte intercalation de granit (Toernoël)		331	436	540	648
13 Roche argileuse (Volvic)		343	516	664	792
14 } Argile brun (St-Michel sur Meurthe-Nompatelize)		444	798	1146	1488
14 bis }		680	1220	1770	2240
15 } Argile violet pâle (Saint-Michel sur Meurthe)		1428	2206	2972	3792
15 bis }		1946	3325	4720	6090
16 Rhyolite (Saint-Michel sur Meurthe)		92	124	152	175
17 Rhyolite (Rosskopf)		176	320	464	600
Arène granitique, granit, aplite					
I Arène passée 1 ^{er} tamis		364	478	596	712
II Arène passée 2 ^{me} tamis		323	446	569	693
III Autre partie 2 ^{me} tamis, poudre pilée		331,5	416	504	591
IV Arène pilée et passée 2 ^{me} tamis		279	382	486	590
V Résidus de I, pilés repassés tamis 1		178	272	368	464
VI Pilage et passage tamis 2		125	227	330	432
VII Roche fraîche		30,5	90	141	192
VIII Partiellement décomposée		141	164	186	209
IX Autre échantillon		104	140	176	212
X Aplite		91,8	92,3	93,4	95

Tableau II

I

Roches décomposées de Saint-Rémy sur Durolle

NOM	masse/gr	n-no	activité en étalon Danne $\times 10^{-6}$
Roche compacte du filon radioactif (décomposée)	3,65	22,4	593,7
	13,6	22,4	593,7
	25,5	23,6	625
Argile verte sableuse	4,38	1,7	45
	12,15	31,0	812
	20,1	39,0	1040
Roche violette décomposée	3,13		
	12,4	23,3	718
	21,4	41,	1263
Roche brune décomposée	3,45		
	13,15	33,3	883
	21,1	52,3	1387
Roche décomposée brune-blanchâtre	3,56	7,7	184
	10,98	35,4	847,9
	20,9	67,	1604
Argile rose sableuse (I). résidu filon radioactif	2,9	21,5	452
	4,6	30,5	642
	10,2	61,6	1300
	15,5	100,	2104
Argile sableuse (II) dans le filon radioactif	3,07	45,5	1432
	5,9	70,	2202
	11,3	92,5	2910

II

Roche décomposée de Lachaux

Granit décomposé (près du puits)	3,23	35,4	968
	11,4	48,	1313
	19,4	61,4	1678

Recherche des échantillons de Roches sur le terrain. — Leur activité

Elster et Geitel ont observé à plusieurs reprises qu'un certain nombre d'échantillons de roches, introduits dans une chambre d'ionisation, ont donné un accroissement de la conductibilité de l'air (fait observé en particulier sur les argiles). Les terrains que J. Van der Min a parcourus en vue de recueillir des échantillons de roches argileuses (sédiments clastiques meubles) sont situés dans les départements du Puy de Dôme, de l'Allier et de la Haute-Loire et ils constituent pour la majeure partie des terrains d'âge tertiaire et quaternaire, encadrés à l'Est, à l'Ouest et au Sud par le massif hercynien (Central) d'âge primaire, composé de granits, de granulites, de schistes méta-

morphiques et cristallins auxquels s'ajoutent des roches volcaniques tertiaires. En ce qui concerne la géologie des terrains où nous avons recueilli ces échantillons, nous décrivons seulement ce qui concerne directement la recherche ou s'y rattache de manière indirecte. Nous établirons de suite une distinction entre deux groupes d'argiles.

1^o les argiles sédimentaires résultant de la destruction des roches primitives, généralement transportées par les eaux marines ou douces sous forme de suspension qui se sont déposées plus tard à l'état de boue ou vase argileuse.

Ces anciens sédiments ont subi suivant les circonstances une série de transformations conduisant aux argiles, schistes argileux ou schistes ardoises.

2^o les argiles provenant de la décomposition sur place des roches riches en matière feldspathique, d'origine éruptive ou cristallophyllienne (en particulier le feldspath potassique ou orthose $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$) sous l'influence de l'eau et des agents atmosphériques, tels que l'acide carbonique de l'air, décomposant lentement les silicates. On peut y rattacher aussi l'altération d'un autre feldspath alcalin, l'albite $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 SiO_2$ en séricite et kaolin.

On peut dire, suivant Rinne, qu'il se produit d'abord une hydrolyse de la matière feldspathique : les bases comme la potasse ou la soude (cas de l'albite) sont mises en liberté et entraînées en solution, avec formation de silice colloïdale, puis on suppose une transformation ou altération de la matière. Il se forme des silicates d'aluminium hydratés de composition variée, comme le kaolin ($2SiO_2 \cdot Al_2O_3 + 2H_2O$).

Voici les processus d'altération supposés chez les feldspaths :

1^o *Kaolinisation* : Elle est due à une perte totale des alcalis comme la potasse ou la soude. La kaolinisation est commune à tous les feldspaths comme cela a déjà été dit.

2^o *Damouritisation* : c'est l'altération totale ou partielle des feldspaths en damourite (muscovite hydratée qui se présente en général sous forme de paillettes microscopiques ; puis on distingue la transformation en séricite (muscovite hydratée fibreuse). L'altération des roches en damourite est très fréquente dans les feldspaths acides.

3^o *Chloritisation* : elle consiste d'abord en une élimination des alcalis sous l'influence de l'eau, puis une compensation par un apport de magnésium et de fer. Il en résulte finalement un chlorite.

On peut signaler encore la tourmalinisation.

Nous nous attacherons en premier lieu à quelques produits de décomposition (deuxième mode). A cet effet, M. Van der Min s'est rendu aux grandes carrières de la Bosse, qui se trouvent près de la forêt des Colettes dans les environs d'Echassières et où deux grandes exploitations de kaolin fonctionnent en ce moment. Là il a recueilli de beaux échantillons blancs, roses et bruns de kaolin ainsi que les produits en voie de transformation dans lesquels apparaît très nettement la provenance de granulite ; on y voit les éléments de constitution, quartz, feldspath, mica blanc, etc... Il est admis que les gisements de l'Allier sont dus à une altération superficielle de la granulite. Toutefois, une opinion différente a été exprimée par quelques auteurs qui croient au contraire, à un phénomène d'auto-pneumatolyse (1). Les résultats des mesures figurent dans le tableau I.

1^o kaolin blanc (1)

2^o kaolin rose (2)

3^o roche granulitique en voie de transformation en kaolin (7).

Nous remarquons dès maintenant que le minéral 1 (produit blanc pur) entièrement transformé ainsi que le kaolin rose, ont donné à la méthode électrométrique un résultat totalement négatif.

(1) Voir au sujet de ces deux explications les travaux et ouvrages de :

A. Daubrée : (C. R. Acad. Sc. t. 68, 1869, p. 1135).

L. de Launay : Gîtes minéraux et métallifères. Paris, Béranger, 1913, t. 1, p. 123, 803, 812 ; t. II, p. 15.

J. de Lapparent : Leçons de pétrographie. Paris, Masson, 1923 p. 138, 176, 411.

F. Rinne : La Science des roches. Paris J. Lamarre 1, p. 312 et 431.

J. Jung : Itinéraire géologique à travers la Basse Auvergne. Revue des Sciences Naturelles d'Auvergne, t. 1, fasc. 3, Clermont-Ferrand, 1936.

Au sujet de la géologie générale de la région, consulter aussi :

Ph. Gilangeaud : Les régions volcaniques du Puy-de-Dôme. Bull. Services carte géol. de France n° 123, t. XIX, 1909.

Note sur les recherches de pétrole. Paris, Béranger 1909-1913. Annales des Mines, juillet 1923.

Giraud : Etude géologique de la Limagne. Thèse. Paris 1902.

diff. Ces substances sont inactives, ce qui concorde bien avec le fait déjà connu que les poudres blanches et roses sont composées d'un grand nombre de cristaux de muscovite, qui est en général inactive par opposition à la biotite dont l'activité bien connue est manifestée par le phénomène des halos pléochroïques.

W. Vernadsky (1) cite le cas de quelques argiles de l'Oural qui se sont transformées en muscovites pures. Les roches de décomposition ci-dessus indiquées se trouvent surtout sur les limites du département du Puy de Dôme et du département de l'Allier. Il en existe cependant quelques petits gisements dans notre région, comme l'indique Bouillet (2) ; p. ex. sous le château de Toernoël (près de Volvic), dans les environs de Clermont-Ferrand, il se présente sous la forme de petits filons au-dessous de Prudelles (voie romaine de Villars) etc... On peut suivre A. Lacroix indiquant les gisements suivants de kaolin :

1^o dans les *granulites* : produit d'altération, dû à l'action atmosphérique ou de fumaroles.

2^o dans les *gisements sédimentaires* : produit d'altération des sables feldspathiques.

La mesure pour la roche granitique en voie de kaolinisation, a manifesté une certaine activité (7). Dans la région au sud de Saint-Oermain Lembron, il y a des formations d'eau douce et dans la vallée de l'Allier des terrains pleistocènes avec des formations très récentes. Plus au sud est Madriat où se trouvent des terrains d'âge oligocène, avec des blocs de basaltes d'âge Mio et pliocène et des granits. Les étages représentés ici sont les Sannoisien et l'Aquitainien. Ces terrains sont traversés par un ruisseau et le fait typique est que sur une de ses rives M. Van der Min a trouvé de l'argile rouge de sédimentation (3), formation oligocène, très exploitée et sur l'autre bord du ruisseau des basaltes et roches granitiques en voie d'altération qui au laboratoire se sont montrées assez actives (10). Quant à l'argile rouge de sédimentation, c'était un échantillon à peine actif. Nous signalerons plus loin d'autres cas de roches de décomposition très actives, tels que ceux de Lachaux et St-Rémy sur Durole.

Aperçu géologique des terrains

par J. VAN DER MIN

Il m'a paru intéressant d'indiquer sommairement la géologie de la région d'où proviennent les substances qui ont servi aux mesures exécutées.

Dans la recherche des échantillons de l'argile sédimentaire, ce sont surtout les terrains tertiaires et dans une certaine mesure les terrains quaternaires qui ont été examinés. La nummulitique est caractérisée par la prépondérance de sa faune de foraminifères, telle que les grandes et petites nummulites du bassin anglo-parisien (d'où son nom), ainsi que la présence précieuse de la faune de mammifères, importante pour la distinction des divers étages entre eux.

On peut dire que le nummulitique est encadré par deux périodes de régression, l'une à la base, extrêmement générale, qui sépare l'éocène du crétacé, l'autre au sommet séparant l'oligocène du miocène.

Il faut souligner aussi l'importance *individuelle* du nummulitique au point de vue stratigraphique. L'origine stratigraphique de ce nummulitique ou éocène doit être recherchée dans la région parisienne. Il s'est produit pendant cette période de multiples transgressions et régressions marines successives (qui ont été figurées dans le tableau III ci-joint), comme par exemple la grande transgression lutétienne ou méso-nummulitique.

La mer a quitté la région vers la fin (Chattien) du nummulitique.

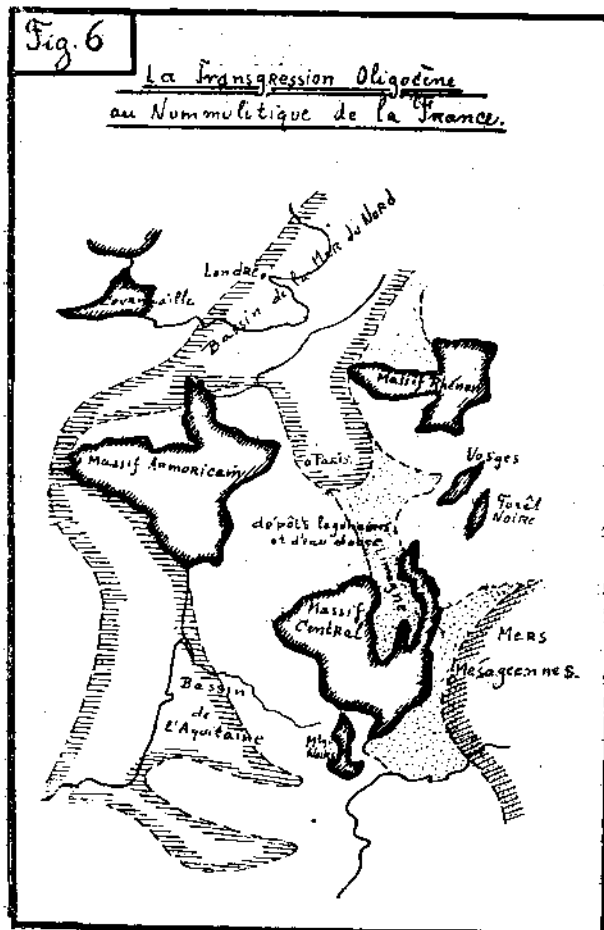
(1) W. VERNADSKY. La Géochimie, note p. 455, 1924.

(2) Topographie minéralogique, p. 127.

(3) A. LACROIX. Minéralogie de la France et de ses colonies, 1893, tome I, p. 464.

Au point de vue paléogéographique, on peut établir pour la France trois grands domaines:

- 1° la zone des massifs hercyniens.
- 2° le bassin de la Mer du Nord et ses bras.
- 3° le domaine des mers mésogéennes.



Ci-joint un dessin schématique (fig. 6) montrant la répartition des domaines paléogéographiques en France au cours du nummulitique et de la transgression oligocène (Mers du stampien). On y remarque dans la partie médiale le massif central, avec autour de lui les zones envahies à l'oligocène par des bras de mer ou des lagunes, donnant des dépôts lagunaires et d'eau douce dans la Limagne, qui nous intéresse plus particulièrement, (ainsi que dans la Plaine du Forez). Vers la fin du nummulitique, les mers se sont retirées du continent précédemment occupé en séparant presque partout l'oligocène du méditerranéen ou néogène.

Le début du méditerranéen est marqué par la transgression burdigalienne, suivie d'une régression et d'une transgression moins importante que la précédente, qui se place au début du pliocène et finalement une dernière régression au début du pléistocène. Au cours des diverses transgressions miocènes, comme la transgression vindobonienne et sahélienne, le bassin anglo-parisien, restait émergé, et recevait les alluvions des cours d'eau du massif central, constitués par des sables et argiles de la Sologne et les sables de l'Orléanais généralement décalcifiés. On peut dire que ces formations continentales miocènes sont équivalentes aux formations d'éocène, constituant les sables et argiles bigarrés ainsi que l'argile plastique.

Au nord de la Limagne, dans la région de l'Allier et de la Loire, aux environs de Mou-

lins, on retrouve la même formation alluviale, caractérisée par le gisement burdigalien de Givreuil, représenté par les sables de bouronnais. On retrouve tous ces matériaux (d'origine du Massif central) dans les environs de Paris où ils sont bien connus sous le nom de sables granitiques, par opposition aux sables des plages oligo-ou éocènes. En ce qui concerne les formations éocènes, elles sont en général peu épaisses et exclusivement continentales. On peut les représenter sous les trois types (de faciès différents) suivants :

1° *Formations siliceuses* : sables ou argiles réfractaires bien développés à l'éonummulitique et qui représentent les dépôts fluviatiles ou de ruissellement.

2° *Type du Sidérolitique* : argiles rouges avec concrétions ferrugineuses.

3° Type des sédiments formés en majeure partie par *précipitation du calcaire*, par les cours d'eau (comme des marnes et calcaires lacustres).

On trouve ce dernier type au méso-nummulitique. En ce qui concerne les formations siliceuses, (du premier type) on les retrouve à la bordure du Massif central dans la direction septentrionale et ils constituent les sables et argiles réfractaires de l'argile plastique (étage sparnacien). Comme nous le verrons bientôt, il existe une différence capitale entre ces dépôts continentaux et ceux de l'oligocène.

Revenant maintenant au bassin anglo-parisien, nous pouvons dire qu'à la fin de l'éocène et selon toute apparence, comme en une sorte de contre-coup des plissements pyrénéens et provençaux, il a été transformé en majeure partie en vastes lagunes (d'ailleurs en communication avec les mers atlantiques), dans lesquelles s'est produite une accumulation de sédiments divers, provenant de la décomposition des roches cristallines du Massif central ; ensuite eut lieu une sédimentation sur place suivie de formations de marnes saumâtres et de calcaires.

En ce qui concerne la tectonique du Massif central, les géologues pensent que certaines grandes dislocations tertiaires ont été indépendantes de l'âge hercynien. C'est particulièrement le cas de la Limagne, la Plaine du Forez ainsi que des prolongements des failles du Sancerrois et du Nivernais. Suivant Léon Bertrand (1) et autres tectoniciciens, on peut mettre en évidence les surélévations inégales de voussoirs qui semblent avoir joué d'une manière indépendante.

On admet que les différences de niveau sont dues aux dislocations « tardives » du Massif central, qui semblent être en corrélation étroite avec les poussées alpines exercées sur ce massif ancien. Mais toutefois on a constaté, suivant les différents cas, qu'on les observe au fond de la Limagne, ou bien comme témoins élevés, que ces dépôts oligocènes montrent des épaisseurs très variables. On peut dire de manière générale que les couches oligocènes sont peu épaisses sur les voussoirs, par contre extrêmement épaisses dans les régions oligocènes. C'est en cela que consiste la différence capitale (antérieurement mentionnée) avec les dépôts éocènes qui sont peu épais et exclusivement continentaux.

Comme on sait, ces dépôts oligocènes peuvent atteindre une épaisseur de plus de 1.100 mètres (surtout pour la Limagne) confirmée par les travaux de sondages exécutés à Macholles et Mirabel près de Riom, ainsi que dans les environs de Clermont-Ferrand à Beaulieu.

On considère souvent la Limagne (et dans une certaine mesure la Plaine du Forez) lors de la sédimentation oligocène, comme un fossé de subsidence, représentant « l'allure d'un petit géosynclinal » (2) comparable aux fossés hercyniens d'âge stéphanien et permien.

Suivant Pavis de M. Gignoux (3), c'est « à tort » que les zones d'effondrement tels que les fossés de la Loire et de l'Allier (Limagne) sont qualifiés de « géosynclinaux ».

Quant à la série stratigraphique des terrains d'âge tertiaire, on peut dire ce qui suit : les formations oligocènes sont continentales et lagunaires et plus étendues que les couches les plus anciennes, connues sous le nom d'Arkoses de Brive d'âge éocène. A la base du système oligocène ou néonummulitique (4) l'étage sannoisien est constitué par les arkoses de la Limagne sous lesquels se trouve le socle cristallin, avec intercalations de calcaires marneux à Striatelles, par exemple auprès d'Issoire. Au sud d'Issoire, elles passent à des argiles rouges sableuses (qui ont été

(1) L. BERTRAND. Les grandes régions géologiques du sol français, p. 128, 1935.

(2) L. BERTRAND. Les anciennes mers de la France et leurs dépôts, p. 171, 1921.

(3) M. GIGNOUX. La Géologie stratigraphique, p. 329, 1936.

(4) Nomenclature adoptée par E. Haug dans son traité de Géologie.

rencontrées en grandes masses) avec superposition des marnes et calcaires à fossiles appartenant à la faune sannoisienne, comme par exemple *Ceritium margaritaceum*. Au contraire dans le Velay, on trouve des argiles et marnes sans fossiles.

Quant au stampien, il montre une grande extension des lagunes dans la partie septentrionale de la Limagne ainsi que dans le bassin d'Ebreuil, indiquant les dépôts très épais avec des marnes lacustres à *Cypris* qui sont des petits crustacés, ostracode d'eau douce. Au chattien la mer s'est retirée définitivement du continent.

Suivant l'indication que nous a donnée G. Dubois (1), le chattien est représenté par des calcaires d'eau douce à *Helix Ramondi*; l'aquitainien est représenté en Auvergne par des marnes, des sables fluviaux et en Limagne bourbonnaise par des calcaires à *Helix Ramondi* et *Helix Arvernensis*.

Au Burdigalien on rencontre des sables de Gergovie. Quant au Pontien, on y trouve des alluvions à galets de quartz et d'autres formations de caractère volcanique.

J. V. d. M.

(1) Professeur à la Faculté des Sciences de Strasbourg, Directeur du laboratoire de géologie.

Application de la méthode graphique à la détermination du Thorium dans les substances étudiées dans le mémoire précédent

par E. Romé

J'ai appliqué la méthode exposée dans le troisième mémoire de ce fascicule à la détermination des quantités de Th. contenues dans les substances rocheuses, argileuses ou marneuses, au voisinage des filons contenant des minerais radioactifs tels que chalcopite, uraninite, etc. Ces quantités sont beaucoup plus importantes d'une manière générale que celles qui ont été trouvées dans les granits ou autres roches éruptives; c'est dans ces diverses couches que nous avons observé la concentration des substances actives.

Tableau I

NOM	Teneur Th.	NOM	Teneur Th.
Roche compacte du filon radioactif de St-Rémy s/ Durolle.	0,41. 10 ⁻³	Roche blanche altérée (Roche Sana-doire)	3,09. 10 ⁻³
Argile verte sableuse	7,79	Argile verte intercalée entre le gra-nit de Château Toernoël	3,21
Roche violette altérée	8,90	Argile jaune de Combronde	4,04
Roche brune altérée	9,32	Roche argileuse de Volvic	3,65
Roche altérée brune blanchâtre	11,21	<i>Recherches spéciales sur le granit de Ceyrat-Berzet</i>	
Argile rose sableuse (I) Filon radio-actif	22,3	Granit de Ceyrat-Berzet en poudre	
Argile rose sableuse (II) Filon radio-actif.	19,3	Opération I	3,33
Granit altéré près du puits de La-chaux	6,71	Opération II	3,80
Argile rouge sableuse de Madriat	0,31	Opération III	2,24
Argile rouge sableuse de Combronde	1,48	Opération IV	1,60
Argile rouge sableuse de Montcel	1,41	Opération V	2,29
Granit en voie de kaolinisation La Bosse (Echassières)	1,09	Opération VI	3,23
Argile avec intercalation de granit al-téré St-Hipolyte, Vallée des Rades	4,41	Le beau grand morceau de roche en place VII	1,61
Roche blanche altérée (argileuse) Ma-driat	3,48	Grand morceau de roche altérée VIII	0,70
		Autre grand morceau IX	0,805
		Aplite de Ceyrat-Berzet	0

Il n'est pas possible d'indiquer les quantités de Radium parce que l'on n'a pas déterminé les valeurs de l'activité pour les très petites masses jusqu'à 0g,5. Cette détermination n'a été faite que pour un petit nombre d'argiles ou de substances qui figurent dans le tableau ci-dessous.

Tableau II

NOM	Teneur en Thorium g/g	Teneur en Radium g/g
Roche altérée, Argile blanche de Ma-driat	3,48. 10 ⁻³	6,76. 10 ⁻¹²
Deuxième échantillon	3,69	3,83
Argile de Volvic	9,67	0
Roche blanche altérée de Sanadoire	3,09	7,16

La concentration de l'activité est nettement mise en évidence par ces chiffres.

E. R.

TABLE DES MATIÈRES

1937

Sur le choix des stations séismologiques et le programme d'études à poursuivre, par <i>E. Rothé</i>	3
Dispositif destiné à l'étude des couches basses de l'ionosphère et de leurs relations avec les éléments météorologiques, par <i>R. Lecolaxet</i>	6
Radioactivité des roches. Leur étude géoradiologique. Prospections basées sur la Radioactivité par l'observation des Radiations pénétrantes, par <i>E. Rothé (E. R.)</i> et <i>Mme A. Hée (A. H.)</i> .	
Introduction (E. R. et A. H.).....	9
Principe de la méthode des couches d'épaisseurs variables (E. R. et A. H.).....	15
Préparation d'étalons de faible teneur en radium, thorium ou uranium (A. H.).....	17
Interprétation des mesures faites avec les substances de teneur connue (E. R. et A. H.)....	19
Synthèses de courbes (E. R.).....	27
Ionisation possible par le potassium (E. R. et A. H.).....	28
Ce que peut nous apprendre l'étude des laves (E. R.).....	30
Volcan fossile Arthur's Seat. Ecosse (E. R. et A. H.).....	33
Application aux roches éruptives du Plateau Central (E. R.).....	37
Volcans tertiaires d'Alsace (E. R. et A. H.).....	42
Rhyolites de la région du Nideck (A. H.).....	46
Le Massif du Champ du Fen (E. R. et A. H.).....	51
Granit des Hautes-Vosges. — Granit de Ribeauvillé. — Granits de Rothenbach. — Granit des Vosges-Lorraines (E. R. et A. H.).....	59
Région de Senones (A. H.).....	67
Les Gneiss. — Trapps et Grauwackes (E. R. et A. H.).....	69
Granit du Morvan (E. R.).....	72
Discussion et interprétation. — Tableau et remarques. — Programme d'études (E. R.)....	73
Phénomènes de concentration de la Radioactivité, par <i>E. Rothé (E. R.)</i> et <i>J. Van der Min (J. V. d. M.)</i>	83
Aperçu géologique des terrains (J. V. d. M.).....	93
Application de la méthode graphique à la détermination du Thorium dans les substances étudiées dans le mémoire précédent, par <i>E. Rothé</i>	96