

UNIVERSITÉ DE STRASBOURG
FACULTÉ DES SCIENCES

ANNALES
de l'Institut de Physique du Globe
1936

Publiées sous la direction de

E. ROTHÉ

Directeur de l'Institut et du Bureau Central Séismologique

NOUVELLE SÉRIE

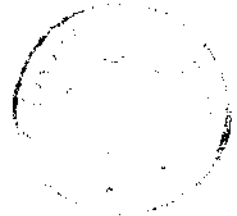
TOME I

TROISIÈME PARTIE

GÉOPHYSIQUE

MENDE
IMPRIMERIE G. PAUC
PLACE URBAIN V

1936



Campagne de mesures de radioactivité dans les Vosges

Mars 1938 — Par Hubert GARRIGUE

avec la précieuse collaboration de MM. E. ROTNÉ, J. ROTHÉ et P. STAHL

INTRODUCTION

Je rappelle que j'ai découvert à l'Observatoire du Pic du Midi (2860 m. - Hautes-Pyrénées), un phénomène très simple d'accumulation de l'émanation du radium produite par le radium contenu dans les roches du sous-sol, sous la couche de neige en montagne.

Cette couche joue le rôle d'écran peu perméable, et, entre elle et le sol, l'air peut avoir une teneur en émanation atteignant

10.000. 10^{-13} Curie par litre aux conditions normales. (1)

Je rappelle également que la curie est la quantité d'émanation en équilibre avec 1 gramme de radium et que la teneur normale moyenne de l'air libre à Paris est :

1. 10^{-13} Curie par litre. (2)

Lorsqu'une habitation est installée sur une crête ou un pic, l'atmosphère qu'elle contient peut, à l'époque des neiges, devenir également très riche en radon (3).

L'agent le plus actif dans ce phénomène d'accumulation en haute montagne semble être le vent (4). En effet, l'air des fissures du sol, chargé en émanation, circule de la face abrupte et déneigée lorsque le vent souffle sur celle-ci, vers la face enneigée.

Il était intéressant d'étudier ce phénomène dans un massif moins haut et moins abrupt, comme les Vosges.

Description et résultats

Dimanche 6 mars 1938, ciel très pur, température de $+10$ à $+15^{\circ}$. — Neige fondante.

Prise 1 : point sur la croupe enneigée à l'ouest du refuge du Breitfirst, neige 1 m. 90. Teneur en émanation du radium exprimée aux conditions normales de pression et de température, en : 10^{-13} curie par litre d'air. $T = 70$.

Prise 2 : 100 mètres plus haut que le point précédent, vers le sud (le Breitfirst) $T = 114$.

Prise 3 : Point culminant du Breitfirst, vent calme $T = 482$.

Prise 4 : Vers le Klintzkopf, sur le col, entre le sommet et le refuge, neige 1 m. 50, vent ouest 1. $T = 242$.

Prise 5 : Point culminant du Klintzkopf. $T = 130$.

Lundi 7 Mars. — *Prise 6* : 500 m. au NW du col du petit Hannenbrünen, neige fondante 1 m. $T = 43$.

Prise 7 : Point culminant au NW du col précédent, sommet 1233 m., 9. neige tourmentée, 90 cm. $T = 218$.

Prise 8 : Petit col, éclaircie de forêt entre le Hundskopf et le sommet précédent, $T = 178$

Prise 9 : Haut de la grande pente enneigée côté Est sur la ferme Schweis $T = 51$.

Prise 10 : Près de la source au dessus de la ferme Schweis ; $T = 8$.

Prise 11 : A 20 m. du sommet côté S du Rothenbachkopf. Vent NW 1, $T = 8$.

Prise 12 : Côté SE de l'extrémité de la corniche S du Rainkopf, neige 1 m. 50 $T = 17$.

Mardi 8 Mars. — *Prise 13* : à 50 m. au NE du pluviomètre de l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, sur le Breitfirst. Neige 2 m. Couche de glace très dure de 10 cm., provoquée par le refroidissement nocturne dû au rayonnement, $T = 229$.

(1) Mesure de la radioactivité de l'air inclus dans la couche de neige au voisinage du sol en montagne. Comptes-rendus de l'Académie des Sciences, C.R. 205, 1937, p. 420.

(2) M. Roy. Teneur en radon de l'air de Paris, Ann. Inst. Phys. Globe 1929, p. 137.

(3) Radioactivité de l'air de l'habitation de l'Observatoire du Pic du Midi, C.R. 198, 1934, p. 494.

(4) Radioactivité de l'air en montagne. C.R. 200, 1935, p. 414.

Prise 14 : Point culminant du Breitfirst, neige 1 m. 50, un léger courant d'air sort du trou de prise fait dans la neige (mis en évidence par la fumée de cigarette), T = 1.360.

Prise 15 : Vers le Nord-Est du point précédent, au milieu d'une grande étendue de neige, T = 2.300.

Mercredi 9 Mars. — *Prise 16* : A 100 m. à l'Est du point culminant du Breitfirst, vent NW 2, T = 175.

Prise 17 : Storkenkopf 1.362 m., Côté SE à 4 mètres du point culminant, neige 1 m. 50, T inférieur à 8.

Prise 18 : Petit col enneigé vers l'Ouest du Storkenkopf, sol boueux et détrempé, T = 610.

Jeu di 10 Mars. — *Prise 19* : Même point que prise 14, vent NW 1, T = 562.

Prise 20 : Sud du col du Plästerwäsel (près du Nonselkopf), T = 462.

Prise 21 : Point culminant de la forêt au Sud du Schnepfenriedkopf, neige 1 m. 50, couche inférieure écroulée, T = 229.

Samedi 12 Mars. — *Prise 22* : (17 heures) A quelques mètres au-dessous du point culminant du Rainkopf ; côté N. neige 1 m. 30, vent d'Est 3 à 5 avec rafales, sommet déneigé, T = 208.

Prise 23 : Milieu enneigé côté N du Rainkopf, neige 0 m. 80, T = 841.

Dimanche 13 Mars. — *Prise 24* : Petit col entre la hutte du Rainkopf et le Kastelberg, au milieu des arbres, neige 1 m. 50, couche de glace très dure de 10 cm., vent Est 3, T = 1313.

Prise 25 : On fait une prise soigneuse sur l'air contenu à l'intérieur de la pièce principale de la hutte, T = 406.

Prise 26 : Point culminant du Kastelberg, neige 0 m. 60, glace très dure, T = 246.

Lundi 14 Mars. — *Prise 27* : On prélève à nouveau de l'air de la hutte, T = 37.

Prise 28 : Petite crevasse vers le rocher côté Est du petit col situé au-dessus et au Nord de la hutte neige 4 m., T inférieur à 8.

Prise 29 : Sommet du petit mamelon au-dessus et au Nord du col précédent, neige très dure, T = 263.

Prise 30 : Col immédiatement au Sud du Kastelberg (vers la hutte), point déjà mesuré (prise 24) T = 678.

Prise 31 : 50 m. au NE du point culminant du Kastelberg, neige 0 m. 50, T = 70.

Prise 32 : Haut de corniches Est, versant SE au-dessous du Kastelberg, neige très abondante, T = 158.

Prise 33 : Col plat immédiatement au Sud du Hohneck, neige glacée très dure 0 m. 50, T = 88.

Prise 34 : Même lieu, plus au Sud, T = 91.

Prise 35 : Même point que prise 29, T = 279.

Prise 36 : De retour à la hutte, prise soigneuse de l'air intérieur, T = 43.

Mardi 15 Mars. — Vent d'Ouest, 2 à 4, la température est très rafraîchie et tombe bien au-dessous de zéro.

Prise 37 : Côté Est du rocher à l'abri duquel est construite la hutte, neige 1 m. 50, T = 278.

Prise 38 : Premier col au Sud de la hutte, vers le Rainkopf, neige 1 m., T = 158.

Prise 39 : Deuxième col vers le Rainkopf, T = 897.

Prise 40 : Côté Nord du Rothenbachkopf, à 20 mètres de la marge supérieure du névé, à 10 mètres de la lèvre des corniches, à 100 mètres environ du sommet, vent W 3 normal à la face déneigée, qui est ici la moins abrupte, à cause des vents dominants d'W), T = 2.800.

Prise 41 : Haut du col de Hérenberg, T = 2.400.

Prise 42 : Sous les corniches culminantes du Batterie-Kopf, vent W 2, T = 199.

Mercredi 16 Mars. — Vent ESE 2 à 4. — *Prise 43* : Même point que prises 29 et 35, T = 78.

Prise 44 : Haut de corniches côté NE du Hohneck. L'enneigement est moins régulier, T = 299.

Prise 45 : A l'intérieur d'une crevasse de corniche, profondeur 4 m., face NE du Hohneck, T = 158.

Prise 46 : Partie plate enneigée régulièrement entre la ferme Schmargult et la côte 1.307,4 située au Sud du Hohneck. La zone culminante de cette partie, environ 1.250 m. d'altitude, est dépourvue de neige. La prise est effectuée à 30 mètres de la marge du névé. Neige 1 mètre. Le sol est boueux, gelé et très dur, T = 3.720.

Prise 47 : A mi-pente de l'arête très boisée qui part du point 46, vers la hutte du Rainkopf, T = 1.425.

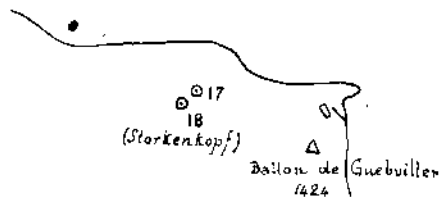


Fig. 1.

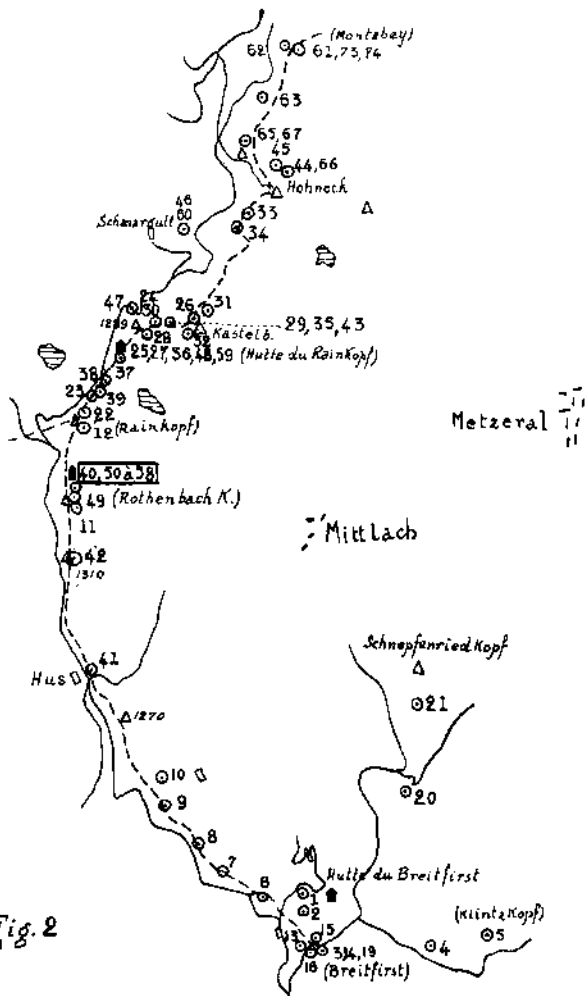


Fig. 2

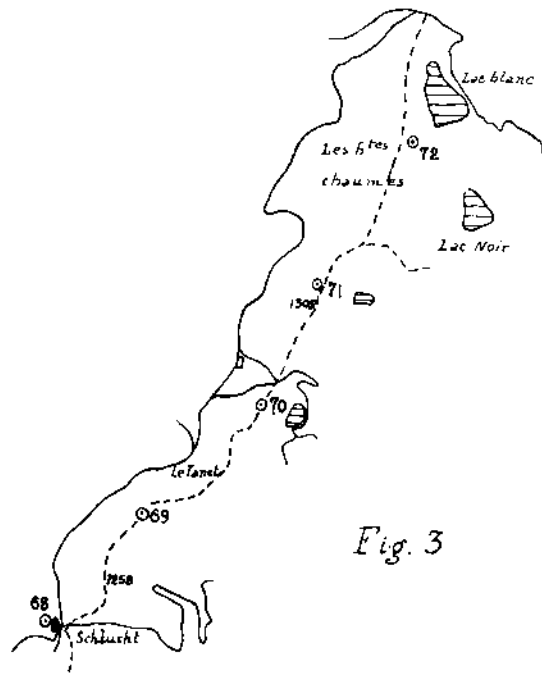


Fig. 3

FIG. 1. — Région du Ballon de Guebviller.

FIG. 2. — Région Hohneck-Breitfirst.

FIG. 3. — Région Schlucht-Lac Blanc.



Le Rainkopf



Face N-E du Rathenbach

Jeudi 17 Mars. — *Prise 48* : Air de la veille prélevé dans la pièce de la hutte, $T = 41$.

Je fais une première prise dans une faille de rocher sans neige, contre le Nord de la partie terminale du *Rothenbachkopf* :

Prise 49 : $T = 8$.

Prise 50 : Point proche de la prise 40, $T = 1.590$.

Série de prises sur 24 heures, de 1 à 3 heures, au pied de la tente :

Prise 51 : 18 h. vent W 2 $T = 3.270$.

Prise 52 : 21^h. — W 1 $T = 2.500$.

Prise 53 : 24 h. vent calme absolu, $T = 1.521$.

Prise 54 : 03 h. — calme, $T = 1.505$ (*Vendredi 18 Mars*).

Prise 55 : 06 h. — W 0 $T = 2.240$.

Prise 56 : 09 h. — W 1 $T = 2.465$.

Prise 57 : 12 h. — W 1 $T = 2.525$.

Prise 58 : 15 h. — calme, $T = 1.705$.

Prise 59 : Air de la hutte, $T = 100$.

Samedi 19 Mars. — *Prise 60* : Même point que la prise 46, $T = 427$.

Prise 61 : Point culminant du Montabey (au Sud de la Schlucht), neige fondante 0 m. 30, vent SO, $T = 210$.

Prise 62 : Même lieu mais vers l'Ouest, $T = 426$.

Prise 63 : Petit col plat entre le Montabey et le Hohneck, $T = 738$ (vent de SE, force 0, sur la partie déneigée).

Prise 64 : Retour à l'hôtel, prise d'air dans l'habitation, $T = 62$.

Dimanche 20 Mars. — *Prise 65* : « Haut de Farimont » à 50 m. de la marge du névé, côté N. Étendue très enneigée, vent WSW 0, sur la face déneigée. Couche de 1 m. de glace très dure, terre molle, $T = 2.340$.

Prise 66 : Même point que prise 44. Neige fondante et croulante. Vent SSW sur la partie déneigée, $T = 678$.

Prise 67 : Même point que la prise 65, mais le vent de WSW a fraîchi, $T = 3.740$.

Prise 68 : Air de l'habitation, $T = 142$.

Lundi 21 Mars. — *Prise 69* : Groupe enneigée côté Est du « Haut Fourneau », $T = 5$.

Prise 70 : Milieu d'un petit bois sur la crête au-dessus du Lac Schulzeren. Neige 1 m., très irrégulière et trouée, $T = 424$.

Prise 71 : Haut de corniche du très beau cirque enneigé du Lac du Forlet. Beau ciel, vent de S à W, 2, neige 1 m. 30, corniches croulantes et trouées, $T = 136$.

Prise 72 : Haut de corniche, cirque du Lac Blanc, neige très rare, irrégulière, croulante. Épaisseur à la prise 1 m. 70, $T = 76$.

Mardi 22 Mars. — *Prise 73* : Montabey, partie culminante, $T = 678$.

Prise 74 : Même point, autre prise (partielle, à cause de la pluie) $T = 614$.

CONCLUSION

La prédominance de l'action du vent sur l'accumulation sous la couche de neige, semble encore nette, malgré le relief des Vosges, moins accentué que celui des Pyrénées. C'est ce que montrent les prises d'air 14, 23, 24, 30, 39, 40, 41, 62, 63, 69.

La série de mesures sur 24 heures, au point le plus actif (40), prises de 50 à 58, montre une variation parallèle à celle de l'intensité du vent pour une direction à peu près invariable au cours des mesures.

La curieuse prise n° 46 montre que l'on peut trouver sur les parties plates et malgré un sol boueux gelé très étanche, une forte teneur en émanation de l'air retenu sous la couche de neige.

Les prises 25, 27, 36, 48, 64, 68, montrent que l'air des habitations construites sur les crêtes des Vosges ou dans leur voisinage est anormalement actif (3).

Les grandes teneurs trouvées dans la majorité des mesures semblent indiquer qu'un rôle est joué soit par le relief, soit par la nature du sous-sol, soit par les deux à la fois.

Il faut remarquer enfin que la valeur maximum trouvée au cours de cette campagne (prise 40) est

inférieure au maximum trouvé aux cours de mesures faites dans les Pyrénées (11.500. 10.⁻¹² curie par litre (1), point 7).

La présence de fortes teneurs en radon sous la couche de neige dans les grandes étendues des crêtes des hautes Vosges soulève le problème biologique suivant :

Quel rôle peut jouer sur les végétaux enfouis pendant de longs mois sous la couche de neige, l'action prolongée de l'émanation du radium ?

APPENDICE. — Pour la description des appareils utilisés et des méthodes de mesures basées sur l'ionisation en vase clos de l'air radioactif, se reporter aux notices suivantes :

A. Nouvel appareil très portable pour la mesure des faibles teneurs en radon. Hubert Garrigue. *Journal de Physique*, sér. VII, t. VII, 1936, page 107.

B. Radioactivité de l'air en montagne. H. Garrigue, thèse, Paris 1936, Masson éditeurs - Paris.

Etudes géoradiologiques sur les roches d'Alsace et des Vosges

par E. ROTHÉ et Mme A. HÉ.

Les auteurs de ce travail avaient, il y a dix ans, publié les résultats de mesures magnétiques exécutées sur les échantillons des différentes couches géologiques provenant de sondages effectués jusqu'à 1.300 m. de profondeur par les Mines domaniales de potasse (1). Un peu plus tard ces mêmes échantillons furent examinés au point de vue de leur radioactivité (2). Il ne s'agissait là que d'un travail préliminaire général sur les couches géologiques de la Vallée du Rhin. Dans le tableau publié des résultats obtenus par la méthode classique électrométrique utilisant des rayons α , on peut constater que parmi les couches sédimentaires de l'Oligocène (Tongrien) ce sont celles du Chattien qui présentent une radioactivité un peu marquée. Le Stampien (Rupélien) a lui aussi, par places, des activités plus remarquables que celles des couches avoisinantes tandis que le Sannoisien (Lattorfien) est en général peu actif. Il est intéressant de rapprocher ce résultat de celui qui a été indiqué par J. Rothé sur les propriétés magnétiques de ces couches (3).

Cette radioactivité, bien que dépassant la moyenne de celle des couches sédimentaires, est d'ailleurs très faible. Il semblait indiqué de la comparer à celle de roches éruptives. L'examen de quelques granits, basaltes, mélaphyres et rhyolites, a mis en évidence l'activité de la rhyolite du Rosskopf, très supérieure à celles des autres échantillons examinés jusqu'alors.

Sachant que M. Bogoiavlenski avait, en Russie, recherché des minerais de radium en observant leur radiation pénétrante (4) nous nous sommes demandé si les faibles activités des couches géologiques ou des roches pourraient être différenciées sur le terrain grâce à la méthode d'ionisation par les rayons γ à l'intérieur d'une chambre cuirassée. Et c'est ainsi que nous avons exécuté nos premiers essais, le 25 juillet 1935, dans la carrière de rhyolite du Rosskopf située sur la route de Welschbruch au Hohwald.

L'appareil utilisé est une chambre d'ionisation Kolhörster à parois d'acier de 5 mm. de forme cylindrique. A l'intérieur se trouvent deux boucles de quartz métallisées dont l'élasticité fournit la force de réaction lorsqu'elles sont chargées d'électricité. On les observe au microscope par la tranche, si bien que dans le champ visuel elles apparaissent comme deux fils qui sont au point en même temps qu'une échelle micrométrique servant à la mesure des déviations. L'isolement est réalisé par une baguette de quartz. La capacité est de 0,3 à 0,5 cm. Le volume est de quatre litres (diamètre : 17,4 cm, hauteur : 17,4 cm.). Une petite division (0,1) correspond à une variation de voltage de 2,5. Les parois d'acier peuvent être choisies plus ou moins épaisses selon qu'on veut opérer avec des rayons plus ou moins pénétrants. Avec 5 mm. d'acier les rayons mous sont arrêtés et c'est avec des rayons moyennement pénétrants et très pénétrants que l'on opère. L'ionisation spontanée, d'après les expériences faites par l'un de nous, est la plus faible avec le Zn. C'est aussi l'avis de Kolhörster qui recouvre l'intérieur d'un dépôt galvanoplastique de Zn.

L'effet de température sur les boucles est négligeable. Pour une longueur de la tige de quartz de 40 mm, une différence de température de 100° produit une variation de 0 mm., 002, donc négligeable. Lorsqu'il est isolé le système électrométrique a une faible capacité, 0,1 à 0,2 cm. L'équipage est installé à l'aide d'une monture à vis sur l'objectif du microscope dont le tube intérieur a la forme conique. Toutes les pièces sont coniques ou de révolution afin d'éviter les angles, les coins morts où les ions peuvent demeurer dans des champs nuls.

Une sonde ressort, servant à la charge, peut être manœuvrée de l'extérieur avec un aimant. Quand l'aimant L est dans la position de la figure (plot L) la sonde touche une tige en relation avec les boucles. D'autre part, elle communique avec une touche-pointe K isolée à l'ombre. C'est dans cette position qu'on maintient l'aimant pour le transport, et sur la monture de la pointe-touche on visse une petite pile sèche Zamboni au papier doré et argenté (150 volts), rénovation de la pile primitive Volta (à droite en bas sur la figure). De cette manière les bouclettes sont maintenues écartées et ne peuvent entrer en contact malgré les trépidations et chocs des autos, chemins de fer, etc... Toutes les prospections dont nous allons vous parler ont été exé-

cutées sans qu'aucun accident se soit produit. Pour opérer, il faut, après avoir enlevé la pile, laisser l'aimant dans la position 1 (plot L), et mettre la pointe en relation avec la borne ressort K qu'on porte au potentiel de 250 volts au moyen d'une pile sèche Wondér. On supprime la liaison avec la pile et on ramène la sonde au sol en mettant l'aimant dans la position 2 (plot E). L'appareil est prêt à fonctionner. Il est complété par un baromètre B qui fournit la pression à l'intérieur et un thermomètre T qui, malheureusement, ne donne que la température extérieure un peu différente de celle de l'intérieur. S'il n'y a aucune fuite, la masse restant constante, la courbe

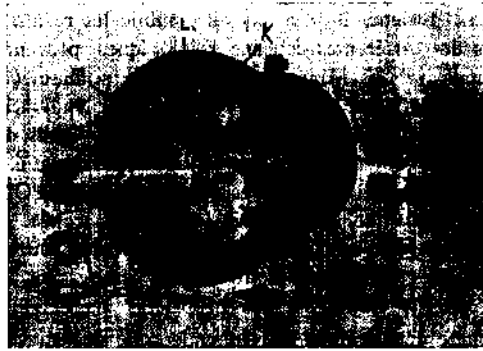


Fig. 1. — Appareil Kolhorster

pression-température doit être une droite. Cela est sensiblement réalisé, malgré l'inconvénient signalé et le manque de précision des lectures. On a en somme une vérification continue de l'absence de fuites. Il y a deux ajustages H_1 , H_2 pour le remplissage d'air pur, ils sont protégés par des gaines dont l'une est montrée debout sur le sol. Tout est mastiqué, si bien que l'instrument peut être plongé dans l'eau. Les pièces sont garanties par des cylindres formant enveloppes protectrices. Sur le fond se trouve une fenêtre qui peut être éclairée par un miroir (à gauche, en bas) (lumière solaire) ou par une petite lampe convenablement disposée.

Le microscope M peut être enlevé. Les deux fenêtres avant et arrière sont alors protégées, pour le transport, par d'épais bouchons d'acier. L'un d'eux est visible à plat. Une borne E permet d'établir le contact avec le sol. Un système commode d'inscription permet de suivre les variations de l'ionisation avec le temps.

Soit N le nombre de paires d'ions créés par cm^3 en une seconde; W le volume en cm^3 ; la charge élémentaire d'un électron $4,78 \cdot 10^{-10}$; la quantité d'électricité transportée par un courant de saturation est NWe . Celle-ci doit être égale à la perte de charge du conducteur tige-bouclées de capacité C . Soit ΔV la diminution de potentiel par seconde, tous les ions étant captés par le champ (cas de la saturation), $NWe = C\Delta V$. Pour notre appareil, $C = 0,282 \text{ cm}$. Le volume intérieur du gaz réduit à 0° et pression 76 cm est $W = 3894,3172 \text{ cm}^3$. Si dV est la variation de voltage en volts par minute, en unité cgs la variation de voltage par seconde sera $\frac{dV}{300 \times 60}$; d'où $N = \frac{0,282}{300 \cdot 60 \cdot 4,78 \cdot 10^{-10} \cdot 3894,3172} dV$

Le premier facteur est égal à 8,414; dV s'obtient aisément; on observe pendant 20 minutes par exemple. On lit l'écart des feuilles au début et à la fin et on se reporte à une courbe d'étalonnage qui donne 20 dV .

A Strasbourg, dans l'Institut de Physique du Globe contaminé par les substances utilisées en manipulation, on a 9 à 10^6 ; à Paris, au-dessus de terrains sédimentaires 5 à 6.

Par contre, on a obtenu :

A. Welschbruch, le 16. X. 1935, au sommet de la carrière de Rhyolite (17° ; 74^{cm} , 4).

Temps	Divisions		Total	Voltage	Différence	
	à droite	à gauche				
0 ^h min.	41,5	45	86,5	232,7		
10 ^h	37,8	41,2	79	215,2	17,5	moy. : 17,4 $8,414 \times 1,74 = 14,6$
20 ^h	34,1	37,5	71,6	197,5	17,7	
30 ^h	30,5	34	64,5	180,5	17,0	

A l'intérieur du refuge de Rainkopf (parois de granit), le 29. VI. 1938 (48° ; 74' N, 4).

8 min.	40	42	82	222,6	30,3	moy. : 29,2 $8,414 \times 2,92 = 24,6$
10	33,8	35,8	69,6	192,3	28,3	
20	28	29,5	57,5	164,0	29,0	
30	22	24	46	135,0		

C'est la première série d'observations à la carrière de Welschbruch qui nous a donné confiance dans la méthode. Les résultats que nous avons publiés à l'époque montrent la possibilité de suivre les contours de la coulée et de tracer des isorades (5-6). La constance des nombres obtenus à plusieurs mois d'intervalle montre qu'on peut se fier à ce critérium radiologique. L'activité est due à la présence d'uranium-radium, de thorium et aussi de potassium dont les rayons β sont pénétrants, comme il est facile de le montrer dans des expériences de cours. La rhyolite est une roche curieuse à quartz globulaire (6). On sait peu de choses sur les volcans rhyolitiques ; aucun n'est actuellement en activité. Les plus récemment éteints sont en Nouvelle-Zélande. On n'a donc pas de termes de comparaison. Tout ce qu'on peut dire est qu'au Rosskopf on se trouve en présence d'un culot volcanique plutôt que d'un épanchement. La couverture rhyolitique a la même constitution que les filons d'Andlau ou de la vallée de la Kirneck. A la fin de cet article, les lecteurs trouveront un tableau des activités des différentes roches rencontrées au cours de cette étude (30 g de matière finement pilée). Ces activités ont été mesurées par la méthode Curie des rayons α (7) ; elles sont exprimées en valeurs relatives, l'activité d'un disque étalon d'uranium étant prise pour unité.

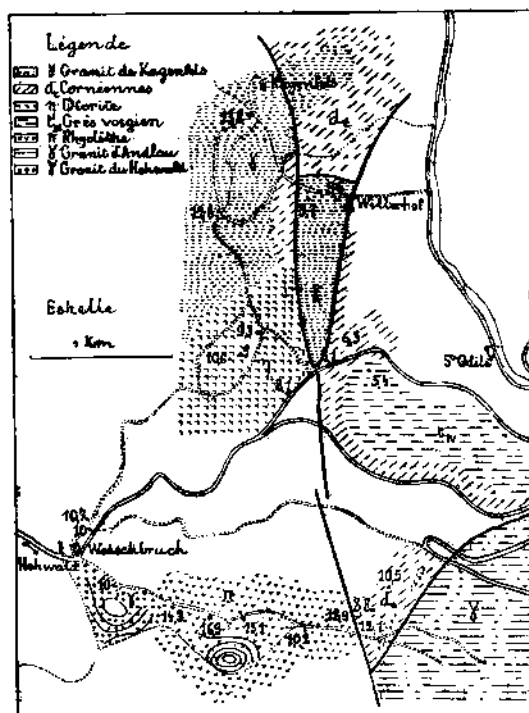


FIG. 2. — Régions du Welschbruch et de la ruine de Kagenfels, environs de Sainte-Odile (Bas-Rhin).

Région de Welschbruch, environs de Ste-Odile (Bas-Rhin).

Les essais que nous venons de décrire constituaient une vérification plutôt qu'une prospection véritable. Nous avons réussi à réaliser celle-ci le 15 juin de 1937 en cheminant le long d'un sentier qui part de l'endroit connu des promeneurs où la route de Sainte-Odile quitte brusque-

ment la vallée de la Kirneck pour tourner vers la montagne, là où se trouve le vieux pont Inspector Brücke (pont du Commandant). Celui-ci, sans doute, servit autrefois à l'exploitation des Cornéennes. C'est sur ces formations géologiques, en partie métamorphisées, se rattachant aux schistes de Steige, à la limite des parcelles 46 et 47 que nous établimes la première station (10⁵). Plus haut, sur le chemin de Hungerplatz, tout près d'une lentille de diorite, à la rencontre des sentiers touristiques marqués de blanc, nous n'avons plus obtenu que 88. Au commencement du Hambourgkopf, sur un petit monticule, à droite, on a déjà 121 (au milieu des prés en fleurs). A la fin du Hambourgkopf, on se trouve à la limite de la rhyolite. Sur le chemin, il y a des débris de cette roche éruptive. Un peu plus loin, à gauche, se détache un sentier à quelques mètres duquel nous ne trouvons que 10². La couverture éruptive ne s'est pas étendue jusque là ou bien elle est moins superficielle. Nous parvenons au sentier qui se dirige vers le Hohwald et Dielhenplatz : dans la clairière nous trouvons 15¹. Nous faisons halte sur le sentier de Welschbruch à l'extrémité du Roskopf. A gauche se trouve la parcelle 6, à droite, la parcelle 50 : l'activité monte à 16⁹. Nous nous arrêtons ensuite à gauche aux parcelles 50-58, sur un rocher. Sur la côte qui monte en face, on voit des blocs isolés de granit : 14³. Nous arrivons maintenant à l'extrémité du chemin près de la clairière de Welschbruch, à l'endroit où il s'élargit en belle route forestière. Nous obtenons 10¹ au milieu de quelques rochers granitiques dispersés. Enfin, pour rattacher ces mesures à celles faites en 1935, deux ans auparavant, nous terminons par une observation sur le chemin de Neugrünrain où nous avons trouvé alors 10¹ en face du chalet. Cette fois, belle coïncidence, c'est 10⁷ que nous constatons. Les différenciations sont donc nettes et un maximum apparaît nettement.

Nous insistons pourtant tout de suite sur le fait que, *comme dans toutes les autres méthodes géophysiques de prospection*, la topographie, la répartition des blocs, nuisent à la précision des résultats et que souvent les indications ne peuvent être que tout à fait générales. Nous montrerons plus loin (p. 18) que si les bancs étaient de forme régulière et simple, la question serait accessible par le calcul. Quoi qu'il en soit, on peut obtenir des indications précieuses par des chiffres bien caractéristiques des roches ou terrains variant entre 5 et 30 ions.

Les lectures faites uniquement par l'un de nous (Mme A. Hée) ont été souvent rendues difficiles par les conditions météorologiques et la disposition du terrain.

Nous décrirons sommairement les observations faites en Alsace et dans les Vosges, sans respecter l'ordre chronologique. C'est ainsi que, pour faire suite au travail de M. Garrigue, nous indiquerons immédiatement les résultats d'une prospection récente (29 et 30 juin 1938) dans la région du Rothenbachkopf. Comme il n'est pas possible, faute de crédits suffisants, d'établir des cartes précises à grande échelle, et que nous devons nous contenter de croquis, les stations seront décrites avec suffisamment de détails pour que les personnes désireuses de répéter ces mesures puissent se placer tout au moins dans le voisinage des points décrits.

Nous nous sommes proposé de rechercher s'il existe quelque corrélation entre la présence du radon observée sous la neige et la nature radioactive du sous-sol, soit au lieu même, soit dans les environs, puisque, d'après les hypothèses faites, le vent intervient dans l'accumulation. A cause du maximum de la station 40 de M. Garrigue (voir p. 4) et des mesures répétées en ce point, c'est la région du Rothenbach qui nous parut la mieux désignée pour ces recherches.

Région du Rothenbach, Hautes Vosges (Haut-Rhin).

I) sommet du Rothenbach ; grauwackes ; 95. — II) 20 m. du sommet, vers le Nord ; grauwackes ; 10⁶. — III) sur le plat au bas du rocher ; limite des grauwackes ; 10⁷. — B) sur le sentier de montée à partir de la ferme de Rothenbach, 42 pas au-dessus d'une grande pierre plate, jusqu'à une petite pierre dans le sentier ; 9⁷. [Les stations II, III et B encadrent vraisemblablement le point 40 où le radon s'était accumulé en hiver]. — C) 40 pas au-delà de B près d'un amas de grauwackes provenant d'une ancienne carrière ; 8¹. — D) tout en haut de la piste droite bordée en bas par des rampes de fer, granit en partie ; 12⁶. — A) sur le sentier de montée, 10 pas au-dessous de la pierre plate, granit ; 12². — IX) près du début de la piste à 2 m. des barres de fer au-dessous d'une petite carrière de grauwackes ; 12⁸.

De ces mesures très coordonnées, il résulte que, dans la région élevée du Rothenbach où les grauwackes dominent, la moyenne est d'environ 10¹. Nous n'apercevons pas de maximum. Dans

la région où se trouve le granit les mesures donnent 12-13 ions. Ces mesures ayant été faites sur le chemin de crête ou au voisinage, il était intéressant d'en exécuter d'autres au bas de la masse rocheuse, sur le sentier qui contourne le massif, où, comme il fallait s'y attendre, les résultats ont été tout différents.

5) commencement du sentier dans des blocs de granit ; 189. — 6) au tournant abrupt du sentier ; 223. — 7) au bas sur du granit à petits grains ; 251. — 8) en bas, en face de la limite des grauwackes ; 204. — 9) tout au fond près des rockers, sous le Rothenbachkopf, grauwackes et granits ; 127. — 10) dans un pré à herbe rase, ancien jardin d'une ferme disparue, vestiges de murs de clôture ; 172.

Il ressort de ces mesures que l'effet des granits situés dans le bas depuis le début, à peu près en face de la ferme, est très important et on conçoit que de l'émanation monte de ce fond par diffusion et sous l'action du vent. Les massifs voisins sont-ils aussi formés de masses actives ? Le matin du 30 juin, nous avons installé l'appareil sur un mamelon couvert de rochers de beau granit, en boules devant le refuge à quelques mètres de distance, dans la direction de Firstmiss. Nous avons trouvé 183, moins qu'à l'intérieur du refuge du Rainkopf (voir p. 9). Derrière le refuge, dans une clairière, près du sentier connu d'où l'on découvre le magnifique panorama sur Mittlach et la vallée, au milieu de blocs clairsemés, on a 131. Si l'on veut bien se reporter au tableau des activités, on constatera une sorte de parallélisme entre cette activité et l'ionisation. Il résulte de la comparaison que les massifs du Rothenbachkopf et du Rainkopf contiennent des granits très radioactifs, ce qui explique l'importance des quantités de radon observé : un échantillon recueilli sur le flanc nord du Rothenbach a une activité de 1136 unités, les autres variant entre 400 et 1100.

De plus on peut affirmer que ce n'est pas le sous-sol immédiat qui intervient dans le dégagement du radon puisque la station 40 est entourée de grauwackes. C'est le radon de tout le massif qui agit sous l'action du vent, et par un mécanisme encore à préciser où les propriétés d'émanation et de diffusion, ainsi que celles de la neige, doivent intervenir dans une large mesure ; des expériences de laboratoire s'imposeraient.

Dans son enseignement, l'un de nous, M. E. Rothé, a appelé autrefois l'attention sur les radiations émises par les roches utilisées comme moellons, par exemple les rhyolites, laves, etc. : les habitants sont soumis, dans ces édifices, à un rayonnement faible mais continu dont l'effet est inconnu : bienfaisant ou nuisible ? — M. Garrigue a constaté au refuge du Rainkopf (en hiver) la présence du radon (p. 4) ; il a paru intéressant d'y procéder à des mesures de radiation. Le mur longitudinal du refuge est en granit porphyroïde des Vosges centrales (hauteur 3 m, 30, largeur 0 m., 50, hauteur 7 m., 40), il y a lieu de retrancher deux fenêtres (1 m., 30 × 1 m., 20). L'instrument ayant été placé sur une table, contre le mur, on a trouvé 246 (voir l'exemple p. 9). A 1 m. 80 du mur, 208 ; le rayonnement pénétrant mesuré dans un refuge de granit n'est donc pas négligeable.

Le granit des crêtes ou granit porphyroïde des Vosges centrales, plus ou moins riche en amphibole, est très répandu dans les Vosges hercyniennes et son facies amphibolique est particulièrement net à Brifosse à la sortie de Sainte-Marie-aux-Mines sur la route de Saint-Dié.

Ce granit a été étudié sur des plaques minces, au laboratoire de M. Michel Lévy ; il contient de l'apatite en petits prismes abondants dans les micas noirs et les amphiboles ou à leur voisinage immédiat. Les zircons y sont abondants en assez gros cristaux (0^{mm},07) avec auréoles pléochroïques dans les micas noirs ; ces inclusions d'apatite et de zircons sont parfois déclinées et tordues, parfois bordées de granules de sphène en alignement fin, parfois un peu chlorotisées. L'amphibole un peu moins abondante que les micas se trouve en beaux cristaux (un peu calcifiés) ; parfois il y a recristallisation de cristaux aciculaires d'amphiboles sur les grands cristaux. L'oligoclase est parfois finement séricitée au centre et piqueté d'une poudre fine d'hématite. Le microcline, faculé d'albite, est très abondant ; le quartz présente l'extinction roulante.

Région de Ste-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin).

On peut prévoir par cette description que ce granit sera riche en radium et c'est bien ce que l'observation vérifie : l'électromètre posé sur un bloc au milieu d'autres a donné 341 (19 juin 1936). Au fond de la carrière, le matin (20°, 75 cm., 2) 294 ; le soir, vérification, à peu près au même endroit (34°, 77 cm., 9) 303. Le gneiss étant très peu actif, nous avons pensé qu'il serait possible d'étudier la zone de contact granit-gneiss par notre méthode d'observation des rayons péné-

trants (8-9). Le passage de la faille se manifeste nettement par une chute brusque de 19° à 13°6 et en resserrant les stations de 18,6 à 15,9. La variation due à la zone de contact se manifeste dans un espace assez restreint. Dans la plupart de ces prospections nous avons été heureux de mettre à profit les connaissances géologiques de J. Rothé.

L'éminent minéralogiste, M. Lacroix, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences, s'était intéressé à nos mesures. Il nous avait communiqué des lames minces de granit provenant des carrières de Tholy sur la route de Tendon et qui présentaient des halos de radioactivité. Il était donc tout indiqué d'aller observer dans cette région.

Région Tholy-Tendon (Vosges).

Le 21-VII-1936 nous obtenions : 1) au tournant de la route de Granges, en face d'une sablière; terrain alluvionnaire; 9°6. — 2) au bas d'une coupe dominant la station précédente, fond d'une petite carrière abandonnée; granulite; 13°6. — 3) au sommet de cette coupe sur une dalle plate au haut des prés, à la limite de la forêt, sur le foin coupé; même roche; 12°3. Une deuxième série est relative aux granits intercalés dans le gneiss. 1) Lande de Bonne-Fontaine, au milieu de

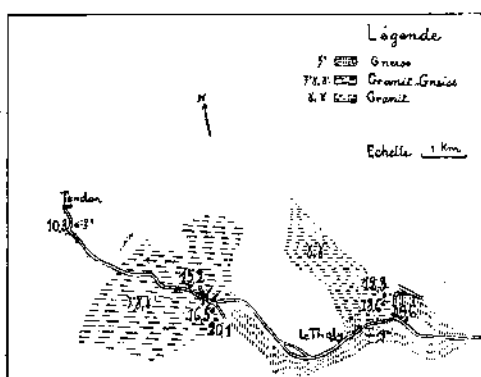


Fig. 3. — Région de Tholy-Tendon (Vosges).

myrtilles, bruyères etc. près de deux blocs sur table naturelle; granit 20°1. — 2) au bas des rochers précédents sur le bord de la petite route graniterie-carrière, granit dans gneiss 16°5. — 3) tournant de la route en vue de Tendon; exploitation de pierre pour la réfection de la route; gneiss 10°3. — 4) carrière à gauche au retour vers Bonne-Fontaine, avant une petite taillerie, granit dans le gneiss; en bas [haut inaccessible] 15°2. — Ainsi, le gneiss est caractérisé par le chiffre 10, le granit de Bonne-Fontaine par 15 à 20.

Régions de Raon-l'Étape - Etival (Vosges).

Examinons les résultats d'une autre région, les Vosges comprises entre Raon-l'Étape, Senones, Etival, Saint-Michel-sur-Meurthe. Il y existe en divers endroits à Raon, à la Grande Fosse, aux Baraques au-dessous du Paire, à Etival, à Saint-Rémy, des types d'une roche qui a été l'objet de discussions nombreuses, les trapps. On les considérait jadis comme des schistes silicifiés et des roches pyroxéniques, trapps bigarrés de l'ancienne feuille géologique de Lunéville, et des porphyrites amphiboliques (trapps bleus). MM. Albert Michel Lévy et H. Termier, après étude de lames minces provenant d'échantillons des localités ci-dessus ont été conduits à affirmer que les trapps proviennent du métamorphisme par le granit de sédiments schisteux, marneux et calcaires accompagnés de tufs et de brèches de roches volcaniques acides (trachytes). Ils ont même pu distinguer dans ces roches des minéraux de deux origines : 1° ceux qui proviennent d'un volcanisme ancien; 2° ceux qui proviennent d'un métamorphisme par le granit.

Il faudrait les rattacher aux niveaux calcaires des formations dévoniennes de Schirmeck et du Champ du Feu (10).

Cette roche jouit d'une grande dureté, d'où son emploi sur les routes de tout l'Est de la France ; elle a des propriétés élastiques remarquables (11).

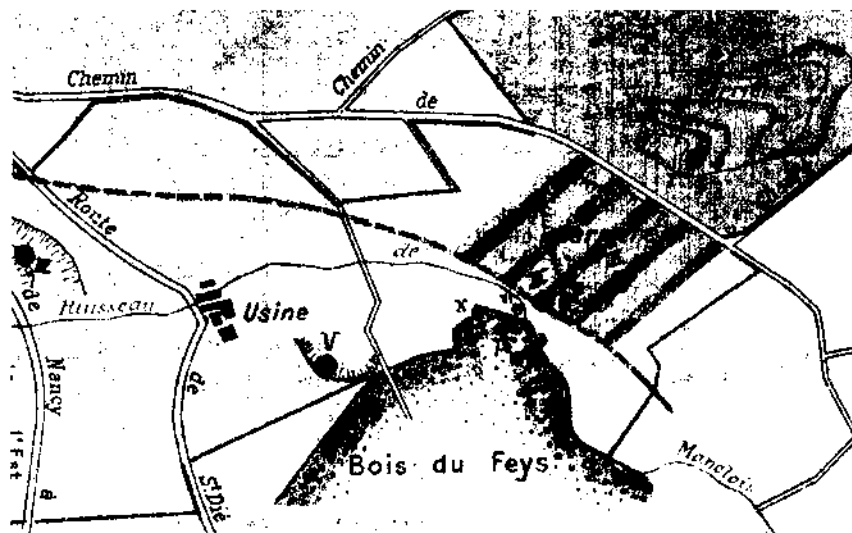
Il y a aussi à Raon un granit ou granulite particulière, que Mme Jérémme (12) appelle leucocrate alcalin. Il y a différentes structures, des variétés à grain fin et, près du contact avec le trapp, une variété pegmatitique à gros grain.

Voici ce que montre l'étude en lame mince. *Granulite* : Un échantillon frais de la carrière en exploitation révèle des cristaux de magnétite, quelques rares lamelles de mica noir, pléochroïque dans les verts. Dans les clivages on aperçoit des chaînes de grains d'oligiste Fe^2O_3 , de magnétite Fe^2O_4 et des zircons dont l'un atteint 0 mm. 06, du quartz à extinction roulante avec inclusions liquides, libelles mobiles. Par place, le quartz est englobé de microcline faculé d'albite. Myaroles avec fines concrétions d'hématite et remplissage de séricite par zones concrétionnées. Altérée, cette granulite (carrière abandonnée) ne diffère de la précédente que par l'abondance d'hématite en fines fissures et faucles par apports hydrothermiques. Quelques lignes de sphène couleur de miel.

Trapp : a) bleu. C'est un tuf d'andésite un peu métamorphisé. Il contient beaucoup de magnétite, de grands cristaux d'amphibole verte, parfois bordés et habillés de secondes cristallisations aciculaires d'amphibole, de l'épidote en petits cristaux, beaucoup d'andésine, des aiguilles fines de séricite. — b) bigarré. On l'appelle corne ou schiste tacheté. Dans la carrière il apparaît avec de belles colorations (grès flamés). Les lames minces font apparaître de fines tâches d'andalousite et de cordiérite à contours mal définis ; de la limonite, de fines paillettes de mica blanc, de très nombreuses et fines aiguilles de rutile.

Les résultats très probants qui ont été obtenus dans cette carrière (10 août 1936) et dans la tranchée des berlins (19 août 1936) (voir la figure extraite de la publication (13)), montrent la différence importante entre l'ionisation produite par les radiations pénétrantes dues au granit et

Prospection de la carrière de Raon. Trapp - Granit.



I) trapp bleu ; 5,8. — II) trapp dit bigarré ; 15,2. — III) contact trapp-granit ; 10,6. — IV) granit de Raon 28,9. — V) granit, carrière abandonnée 26,2. — VI) granit, tranchée des berlins, contre la paroi ; 29,6. — VII) trapp à 25 m. du contact, côté trapp ; 11,9. — VIII) dans le bois du Feys 25 m. en avant du contact, vers le trapp au-dessus de la tranchée ; 7,7. — IX) idem, granit en arrière à 25 m. du contact ; 11,9. — X) idem, à 100 m. du contact, granit enfoncé à une épaisseur inconnue ; 11,6.

cette due au trapp et aussi la différence des effets avec la distance, la profondeur et la disposition des couches agissantes. La radioactivité de la granulite provient en partie des zircons. Nous reviendrons plus tard sur la relation entre les minéraux, la présence de zircons par exemple, et l'activité de la roche.

Dans la même région, 28 juillet 1936 :

1) route de Senones à Grandrupt ; trapp dans dévonien ; 6,5. — 2) filon de minette (classique,

visité par les ingénieurs des mines) ; 142 (Résultat remarquable en raison de la minceur du filon). — 3) Le Puid-Vermont près des Trois-Maisons ; granit à amphibole ; 227. — 4) idem, granit ; dans la carrière sur un bloc de 1 m., 50 de largeur, 3 m. de longueur, 1 m., 20 de hauteur ; 213. — 5) idem, petite carrière ; 222. — 6) haut de la carrière précédente, granit dit beau rouge ; 237. 7) carrière de Palon, au-dessous de la Forain, dans un bois à 500 m. de la route, granit feuill morte, au bas d'une coupe ; 256. — 8) au fond de la même carrière sur un bloc, variété rouge, largeur 0 m. 75 ; 22. — Donc, le trapp se distingue encore nettement du granit.

Extension à la région rive gauche de la Meurthe, 21 septembre 1937 :

9) Deyfosse, en face de l'école débris et arène d'aspect granitique ; 79.

Cette prospection a été particulièrement intéressante du fait que nous n'avions alors en notre possession que la première édition de la carte géologique de Lunéville qui indiquait à cet endroit du granit. Nous avons donc été surpris de ce résultat. Les mesures ont été répétées et reconnues exactes ; nous avons cherché en vain le granit aux environs, nous n'avons trouvé aucun affleurement.

Depuis, la nouvelle édition de la carte portait une tout autre indication : r, permien au voisinage d'ailleurs de diorite quartzique primitivement appelée granit d'Étival. — Ce fait montre tout le parti qu'on peut tirer de la méthode.

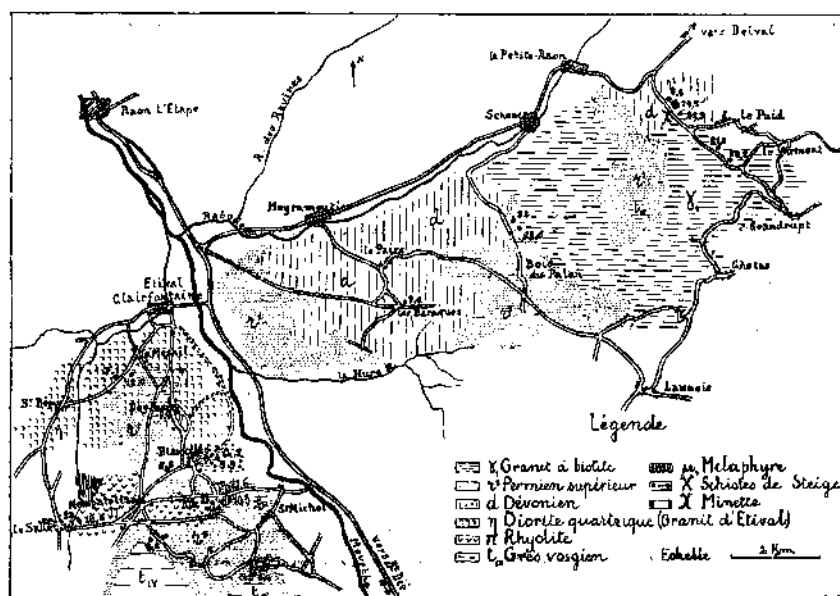


Fig. 5. — Régions d'Étival et du Puid (Vosges).

10) Biarville, en vue de Nompattelize, grès permien, 95. — 11) Dans un chemin en pente descendant à la Meurthe à droite nous nous sommes arrêtés devant un trou d'exploitation où nous avons reconnu — fait surprenant — des schistes de Steige qui n'étaient pas non plus figurés sur la carte primitive. La seconde édition portait bien à cet endroit le symbole X. Nous trouvons 142. — 12) Même endroit, mais au sommet de la tranchée sur terre végétale et débris ; 99. — 13) Les exploitations de granit d'Étival (diorite quartzique) n'existent plus à Étival même, nous nous rendons au hameau du Mesnil au-delà d'Étival, où, dans un pré, au bout du hameau, nous trouvons des blocs épars d'une roche à aspect granitique à cristaux très fins. A notre étonnement nous n'avons que 71 ; l'explication est venue plus tard quand nous avons appris que la roche était en réalité dioritique. — 14) Trou d'exploitation derrière une ferme devant un groupe de genêts, grains variés ; granit d'Étival (diorite quartzique) 120. — 15) Baraques, carrefour sous le Paire, au Cadran Bleu ; trapp 76.

**

Les granits du Champ du Feu offrent aux pétrographes un magnifique terrain d'études. Bien que très voisins, ils ont des caractères spéciaux et selon toute vraisemblance sont d'âges très différents. Celui qui présente, dès le premier abord, les traits les plus curieux est le granit du Kagenfels, du nom de la ruine et des rochers où on le trouve en grande masse ; mais il constitue une très longue bande de 10 à 15 km depuis la ruine jusqu'à Rothau, avec une largeur minima de plus d'un kilomètre, atteignant dans la direction du col de Welschbruch plus de 3 km. Il forme des groupes de rochers du plus bel aspect qui s'élèvent jusqu'à 30 mètres, dans le voisinage de la ruine à une extrémité, dans la vallée supérieure de Barembach à l'autre extrémité et entre les places forestières (Holzplätze) de Moosbach et de Eisenbach. Ce granit a été étudié d'abord par Kallhardt et ensuite par Bücking (14). Son principal caractère est sa structure très uniforme, poreuse, miarolithique : les cavités atteignent souvent plusieurs centimètres. La variété la plus commune, homogène sur d'assez grandes étendues, a un grain analogue à celui du sucre. Il est pauvre en mica et contient moins de feldspath que de quartz. Si quelques échantillons présentent des cassures analogues à celles du grès, généralement il est friable et on ne l'utilise en construction que dans les fondations. Il est exploité dans ce but au-dessus de Rothau.

Comme il s'altère facilement sous l'action des agents atmosphériques, il se transforme en arène composée surtout de quartz, le kaolin résultant de l'altération des feldspaths étant entraîné par les eaux.

Quand ce granit n'affleure pas, on peut néanmoins soupçonner sa présence par l'existence dans la forêt ou dans les clairières de ce sable à texture grossière qui d'ailleurs est exploité près de Rothau et au NNE du Struthof. Les grains de quartz, près de la ruine, atteignent 2 à 3 mm. ; ils sont limpides, légèrement teintés de bleu, tandis que le feldspath est rose. Bücking indique que le plus souvent le feldspath est de la micropertithe et ce fait paraît important pour la formation de ce granit qu'on dit « jeune ». On pense généralement que dans la cristallisation le quartz se forme le dernier et vient mouler les autres minéraux qui sont déjà cristallisés (15). Il arrive alors que le feldspath se modifie à la limite du quartz sous forme de microcline ou anorthose traversé par des filonnets d'albite. L'orthose et le microcline ont pour formule K^+O, Al^3O^3, SiO^2 , le premier est monoclinique, le second triclinique. L'albite est sodique $Na^+Al^3O^3 \cdot 6 SiO^2$. Le micropertithe est de l'orthose ou microcline percé de bâtonnets d'albite. M. Michel-Lévy décrit ce phénomène sous le nom de deuxième temps de cristallisation, temps caractérisé par le feldspath alcalin. Rosenbuch pense que l'albite a rempli ultérieurement des vides offerts par la structure microlithique de la première cristallisation (16).

Dans les cavités, l'orthose atteint 5 mm., même davantage, les cristaux ont de jolies formes bien développées. On en trouve de très grands le long de la route de Sachsenwald au NE du Struthof et à l'ouest de la maison forestière de Vorbruck. Il y a parfois des plagioclases ou feldspath calcosodiques bien caractérisés et conservés. Au point de vue du mica, on trouve un peu de mica biotite $2 (Fe, Mg) O, (H^+ K^+) O \left(\begin{matrix} Al^3 O^3 \\ Fe^3 \end{matrix} \right) 3 SiO^2$ plus abondant à Ejsenach.

On rencontre la Muscovite $(H^+ K^+) O Al^3 O^3 2 SiO^2$ à Moosbach et à l'Est de Baracke, de la Lithionite ou Lépidolite contenant du lithium au nord de la grotte des Partisans. Il y a aussi de la Zinnwaldite, mica magnésien, peu riche en fer, mais contenant du lithium et du fluor.

Sur les bords du long filon proprement dit, là où il touche les cornéennes (schistes métamorphisés) ou le Dévonien, ou le granite propre du Champ du Feu avec ses facies à hornblende et à diorite, le Kagenfels prend une structure très grenue et ressemble à un grès rose.

Par contre, il prend parfois l'aspect d'un granit porphyroïde par suite de la présence de cristaux de quartz limpide, atteignant la dimension de pois. A première vue on ne donnerait pas à ces deux roches la même dénomination. On ne rencontre pas dans ce granit d'inclusions basiques comme dans celui d'Andlau où elles sont fréquentes, ni de roche granito-porphyrrique, mais on trouve souvent des filons de texture pegmatitique ou de grands cristaux de quartz isolés comme au Steinhübel ; au fond de la vallée de la Magel, à la limite des parcelles 32-33 à 820 m. d'altitude, un filon de pegmatite contient des cristaux mal développés, plus grands que la tête.

Des cristaux de quartz très grands, souvent bien formés (30 cm. de long et 20 cm. d'épaisseur)

se trouvent près de Rothau sur la hauteur de Bannwald à la limite des parcelles 27-23 et tout autour. Il y a également de grands cristaux de quartz au nord du Struthof vers la Sandgrube. Nous en avons vu près de Kagenfels au voisinage de Kreuzweg. Il y aurait beaucoup à dire sur cette question des filons de quartz en relation avec des phénomènes pneumatolithiques.

C'est la lecture de ces mémoires de Bücking et d'autres ouvrages qui nous a engagés à faire, en même temps qu'au laboratoire, des mesures sur le terrain, d'abord dans la région de la ruine Kagenfels.

Région de la ruine du Kagenfels - environs de Ste-Odile (Bas-Rhin).

Nous sommes partis (22 juin 1937) de la maison forestière de Willerhof. On trouve là du granit, c'est le bord extrême. Il y a quelques blocs épars dans le pré servant de pâturage derrière la maison, mais dès le bois qui se trouve au Nord et le long du ruisseau, les cornéennes apparaissent. Le rayonnement a donné 96. Le même chiffre a été obtenu dans la forêt, à mi-chemin de la route qui va de Kreuzweg à Vorbrück.

Au carrefour de Kreuzweg, nous avons eu l'occasion de voir, dans différentes excursions ou prospections, du quartz, des aplites, des cristaux de feldspath et d'autres minéraux. Le granit en boules y est beaucoup plus abondant à la surface. Nous avons trouvé 128. De là, nous nous sommes rendus près d'une carrière de Parène dont il a été parlé ci-dessus, au voisinage de la ruine, au débouché du sentier qui descend dans le vallon sous la ruine, et nous avons obtenu 138. (Nous n'avons pas fait de mesures sous les rochers de 30 m., ce qui pourra être fait ultérieurement; le nombre qu'on obtiendra sera aux environs de 20° d'après les observations faites ailleurs). Cette région, dont nous nous entretenons en ce moment, est particulièrement désignée pour différencier le rayonnement des diverses roches, car au sud de la région Kagenfels-Kreuzweg se trouvent, comme on le voit sur la carte, des parcelles entières de diorite, de cornéennes, de grès des Vosges avec conglomérat.

Tout près de Kreuzweg est le massif dioritique de Neugrünrain où, au départ du chemin qui descend pour rejoindre la grande route Sainte-Odile-Welschbruch, nous trouvons 93, et en montant vers le sommet, à des altitudes différentes, nous obtenons successivement 9 et 106; 95 caractérise donc la diorite. Nous gagnons la grande route où se trouvent des fragments de roches, en partie décomposées, dans des terrains formés de prés marécageux. Le chiffre tombe à 81. Dans le sentier qui suit la route à gauche vers Sainte-Odile (où autrefois nous avons constaté une grande conductibilité électrique due à l'humidité), nous ne trouvons que 63. Il n'y a donc pas de granit dans le sous-sol à proximité. A droite, sur le sentier qui gravit la pente du Kiehn Berg, en plein grès, nous trouvons 54, et 81, en remontant la route à droite vers Welschbruch au contact du grès et de débris dioritiques visibles, région de contact.

Cette nouvelle série nous conduit encore à la même conclusion, c'est-à-dire à l'affirmation que l'ionisation par les rayons permet de différencier nettement les roches sur le terrain.

Voyons maintenant quels sont les autres granits du Champ du Feu tels qu'ils ont été décrits par Bücking et par Schmaehelé (17) dans le mémoire duquel se trouve une carte générale.

Le Champ du Feu (champ de Fé) occupe une grande surface sur la rive droite de la Bruche entre Urmatt et Bourg-Bruche. Il part de l'Ouest du Mont Sainte-Odile, s'étend jusqu'à Breitenbach et Steige dans la haute vallée de Villé, et à l'Ouest du Hohwald, il atteint une altitude de 1.098 m. Les granits de ce champ se distinguent de celui d'Andlau-Barr qui a une constitution porphyrique et des granits du sud de Villé et des Hautes-Vosges (granit des Crêtes, granit du Bressoir ou Brézouard, granit de Bilstein, granit des Verreries dont il sera question plus tard).

Le granit en long filon de la ruine de Kagenfels à Rothau vient d'être étudié. Mettons tout de suite à part celui de la région comprise entre le Hohwald et Welschbruch. Il contient une certaine quantité d'amphibole et par endroits son passage à la diorite est caractéristique. Ces termes de passage peuvent être appelés *granodiorite* ou *granit diorite*. Le granit du Champ du Feu borde, au Nord et au Sud, celui de Kagenfels. Il s'exploite en grand à une carrière à l'ouest de Barembach où l'on fabrique des pavés et des bordures de toutes dimensions. Il contient peu ou pas de hornblende.

Région de Natzwiller (Bas-Rhin).

Dans cette carrière au chemin de montée, devant un amas de débris, nous avons obtenu 133 (6 septembre 1938). Au fond de la carrière, devant une falaise de plus de 30 m., 17. Sur le sol, tout à l'entrée, 146. De retour à Rothau, nous avons pris la route de Natzwiller et nous avons fait une mesure vers la limite marquée sur la carte du granit de Kagenfels et du Champ du Feu. Nous avons obtenu 133. A l'autre extrémité du filon de Kagenfels, vers la ruine de ce nom, le chiffre était 138.

Il y a dans les granits du Champ du Feu deux autres variétés qui sont typiques, celle de Natzwiller et celle de la vallée de la Serva. Le granit du Champ du Feu, dans son aspect typique, a une couleur fondamentale gris clair, pouvant tourner, suivant les proportions de fer, au jaune, au brun ou au rouge (grains de 3 à 7 mm. d'épaisseur, feldspath orthoclase ou plagioclase, quartz limpide, paillettes régulières de 1 à 3 mm. de biotite allant du noir au bleu foncé ou parfois vert olive). On aperçoit sous le microscope les raies de plagioclase et des zones se perdant l'une dans l'autre.

Le granit de Natzwiller se reconnaît à une structure porphyrique grossière ressemblant à celle du granit de Barr-Andlau (Rosenbusch).

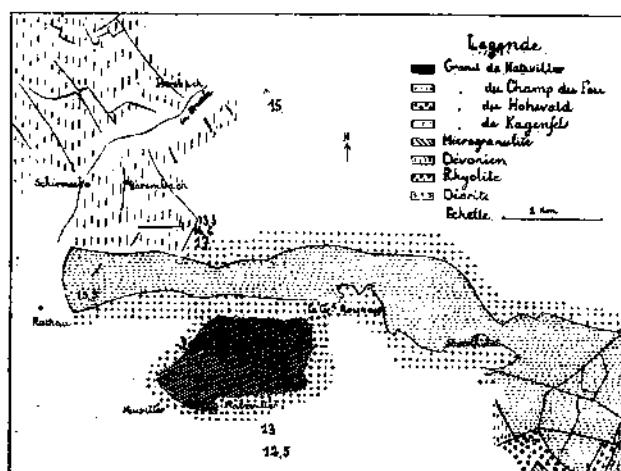


FIG. 6. — Région de Natzwiller (Bas-Rhin) d'après Schnaebelé

Nous nous sommes rendus à Natzwiller. Au grand tournant de la route du Struthof près d'une carrière de l'arène granitique se trouvaient des blocs sur le sol. Nous y avons obtenu 206, nombre très élevé étant donné qu'il s'agit d'une mesure sur le sol et non en présence d'une falaise.

Le granit de la Serva contient de nombreuses enclaves de diorite en fines aiguilles, l'ensemble pouvant atteindre la dimension d'une tête. Dans le coin pittoresque du hameau de Haute-Goutte, sous les sapins, au milieu de blocs de natures diverses, le chiffre a été 131; de l'autre côté du ruisseau où dominent les aiguilles de diorite 125. Le même soir, sur la route du retour, nous avons tenu à terminer cette prospection en faisant une dernière mesure à la carrière qui se trouve à la sortie de Grendelbruch, près de la Magel, où la pâte rouge feldspathique est plus dure et qui, chose curieuse, contient un grand nombre de paillettes brillantes, sans doute de la pyrite, telle qu'on n'en observe dans aucun des autres échantillons, 151.

Régions de Ribeauvillé-Orbey (Haut-Rhin).

Voici les résultats de notre prospection du 16 juin 1938, dans les environs de Ribeauvillé :

Au km. 16,9 de la route allant de Ribeauvillé vers Baumschule, affleurent des masses de gneiss où l'ionisation est donnée par le chiffre 94. A la borne 16,1 c'est du granit de Bilstein,

179 à la base des rochers. Au km. 14,9 il y a une roche de gneiss avec du granit très proche : 125 ; on s'enfonce alors dans une petite route latérale dans la cuse des verreries rendue attrayante par la présence de très beaux arbres. Au pied de l'un d'eux se trouvent un certain nombre de roches attribuées au granit des Verreries, 139. Plus loin, sur la route de Baumschule à Mittelberg au tournant, dans la tranchée d'une nouvelle route latérale, on trouve le granit du Brézouard à deux micras. Dans la tranchée, on est dans des conditions particulièrement favorables, 153. Dans une carrière, à droite de la route, une petite carrière des Verreries donne 178. Enfin, au-delà de la maison forestière de Mittelberg, à gauche de la route, se trouve une petite carrière de granit des crêtes analogue à celui de la Hingrie ou d'Orbey, 185.

Ajoutons que dans la grande carrière de granit de Bilstein, comme dans celle de Brifosse ou de Barenbech, on met en évidence l'effet topographique.

Sur une roche taillée, placée au milieu de la carrière, nous avons obtenu 156. Placé sur le sol, l'appareil a donné 169, soit 17. Près du fond de la carrière, nous avons eu 18. Les flaques d'eau ne nous avaient pas permis d'avancer tout au fond et le sous-sol formé de débris ne devait pas présenter la même homogénéité que le milieu formé par un banc plan de granit où la première mesure a été effectuée. Nous attribuons à ces conditions le fait que la variation n'a pas été plus forte. Peut-être aussi les bancs dans cette région ne sont-ils pas homogènes.

La méthode de recherche n'est évidemment pas universelle. Nous avons tenté une étude au-dessus de la pierre qui, dans le fossé de la Route des Trois-Epis, est le vestige des basaltes d'Orbey. On ne connaît pas d'autre affleurement et on ne saurait dire s'il s'agit d'un bloc ou de l'aboutissement d'une cheminée. Les conditions sont les suivantes : au-dessus de la roche se trouve un mur qui soutient les terres du pré en pente dépendant de la ferme des Crêtes, située au-dessus. Il y a dans ce pré des blocs de granit, près de l'un d'eux, à gauche d'un petit escalier, on trouve 16. Au-dessus de la roche 143, plus loin, dans la direction des Trois-Epis, 126, plus loin encore, 14.

On gravit alors le chemin des champs Simon où le basalte est signalé en morceaux d'empiècement. Entre la ferme et un gros arbre, sur des basaltes apparents dans les cailloux, on trouve 141. Il semble que ce chiffre de 14 caractérise non pas le basalte, mais le granit du sous-sol. Le chiffre faible 126 indiquerait-il le passage du basalte un peu au-delà de la roche du fossé ? Ce n'est pas impossible, mais on ne peut rien affirmer.

Le granit au contact du basalte d'Orbey fournit aux rayons α le chiffre important, rapporté à un étalon d'oxyde d'Uranium, 458,1, le basalte en plan dans le fossé donne 235,4-231,5. Un échantillon trouvé dans le ruisseau de l'autre côté de la route est remarquable par son activité 735-690. Du granit dans le même ruisseau ne donne que 218,9. Il est possible que l'activité extraordinaire de ce basalte soit en rapport avec celle du granit voisin. Ce qui nous le fait croire, c'est que le basalte du « Cerisier Noir » près de Ribeauvillé est presque absolument inactif (66,6) et que le granit qui l'entoure, variété du Brézouard, est très peu actif, 111,2-121,7. Le basalte des champs Simon à Orbey a une activité plus faible que celui du fossé de la route des Trois-Epis, 127,7 au lieu de 235 ou 231. Il est d'ailleurs très altéré.

Nous avons signalé déjà les difficultés inhérentes à la topographie et qui sont d'ailleurs du même ordre que celles rencontrées dans toutes les méthodes de prospection. Nous résumons ici les règles qui permettent dans des cas simples typiques de tenir compte de cette topographie.

Toutes les interprétations qui pourront être données sont basées sur l'absorption. Les radiations utilisées ne sont pas indéfiniment pénétrantes ; les rayons β et γ sont soumis à l'absorption. Soit un rayonnement d'intensité I tombant sur une plaque absorbante d'épaisseur dx , l'intensité émergente n'en sera qu'une fraction : la variation sera $-dI$ qui dépend de I et de l'épaisseur dx

$$-dI = \mu I dx \quad \mu = -\frac{1}{I} \frac{dI}{dx} = \text{coefficient d'absorption.}$$

D'après sa définition même μ ayant les dimensions de l'inverse d'une longueur, s'exprime en cm^{-1} . En langage ordinaire nous dirons que μ est la fraction du rayonnement absorbée par unité de longueur.

L'intégration de $\frac{dI}{I} = -\mu dx$ conduit à $I = I_0 e^{-\mu x}$. Imaginons une source radioactive d'inten-

sité I_0 ou par unité de masse i_0 , $I_0 = i_0 m$. Supposons la au centre d'une couche sphérique de rayon r ; le rayonnement se répartit sur une surface $4\pi r^2$.

Si le milieu constituant a un pouvoir d'absorption μ , à la distance r , l'intensité n'est plus que $I = I_0 e^{-\mu r}$. Soit dI l'énergie du rayonnement absorbée en un petit volume dv ; $-dI = q dv$ correspondant à l'unité de volume. Supposons une couronne mince de rayon r ; son volume sera $4\pi r^2 dr$. La variation du rayonnement produit à travers ce volume par une masse rayonnante placée

en son centre sera $-dI = q \cdot 4\pi r^2 dr$ ou $q = \frac{-dI}{4\pi r^2 dr}$

$$\text{Or } dI = -\mu I_0 e^{-\mu r} dr; \text{ d'où } q = \frac{\mu I_0 e^{-\mu r} dr}{4\pi r^2 dr} \quad q = \frac{\mu i_0 m}{4\pi r^2} e^{-\mu r}$$

Telle est l'énergie absorbée par l'unité de volume exprimant aussi l'intensité d'ionisation dans ce volume. On peut donc énoncer la loi suivante :

Une masse radioactive produit par les rayons α une ionisation qui varie proportionnellement à cette masse et au facteur exponentiel $e^{-\mu r}$ et en raison inverse du carré de la distance. Le coefficient $\frac{\mu i_0}{4\pi}$ porte le nom de coefficient d'Eve. Dans un milieu non absorbant ($\mu = 0$), c'est l'ionisation produite à 1 cm. par une masse radioactive unité.

Appliquons cette loi du rayonnement pour chercher l'action en un point d'un milieu radioactif indéfini tel qu'un banc de granit très épais et étendu en tous sens.

Autour d'un point, considérons une couronne d'épaisseur dr à la distance r ; soit ρ la masse de substance radioactive par unité de volume, c'est-à-dire la densité de radioactivité.

$$\text{L'action de la couronne au point P sera : } dq = K \frac{\rho dv}{r^2} e^{-\mu r} = K \frac{4\pi r^2 dr \rho}{r^2} e^{-\mu r}$$

Pour le milieu indéfini homogène ce sera l'intégrale

$$q = 4\pi K \rho \int_0^\infty e^{-\mu r} dr = \frac{4\pi K \rho}{-\mu} \int_0^\infty -\mu e^{-\mu r} dr = \frac{4\pi K \rho}{-\mu} (e^{-\mu r})_0^\infty = \frac{4\pi K \rho}{\mu} = i_0 \rho$$

La valeur de l'ionisation q est donc exprimée par le produit de la densité de radioactivité par l'intensité spécifique de rayonnement.

C'est là l'effet qu'on obtiendrait si l'on pouvait placer l'électromètre à l'intérieur du banc. S'il est au centre de la surface l'effet doit être $\frac{1}{2} i_0 \rho$. Il en est de même si on le met dans une cavité de paroi verticale. Si on le place au fond d'un dièdre droit, dans une carrière, devant le front de coupe, au fond du sol horizontal, on doit avoir $\frac{3}{4} i_0 \rho$. Bien que, dans la réalité, les conditions ne soient pas rigoureusement remplies, les résultats sont assez satisfaisants. Exemples : 1° Carrière de Saint-Michel : le permien pris pour zéro donnant 6 ions environ, on obtient pour l'effet rhyolite seul 23 — 6 au dièdre, soit 17; 16 — 6 = 10 sur le sol; 11 — 6 = 5 au sommet. Le nombre total devrait être 20, la moitié 10, le quart 5 et les $\frac{3}{4}$ 15; on trouve 10, 5 et 17 (1). 2° Carrière de Saint-Rémy au sol : 18 — 6 = 12; au dièdre on devrait avoir $3 \times 6 = 18$, on trouve 23 — 6 = 17.

L'ordre de grandeur est donc parfaitement respecté. Il en est ainsi toutes les fois que les conditions géométriques peuvent être satisfaites de manière au moins approchée.

Nous rappelons le principe connu de la réciprocité : dans un milieu homogène la radiation Q absorbée par un volume sous l'action d'un rayonnement en P est liée par la relation $\frac{Q}{q} = \frac{m}{\rho}$, à l'action q produite en ce point P par une masse radioactive contenue dans le même volume; m , masse rayonnante en P, ρ densité de radioactivité dans le volume. Si le volume et le point appartiennent à des milieux différents, on aurait $\frac{Q}{q} = \frac{m}{\rho} \times \frac{K_2}{K_1}$, K_1 et K_2 étant les valeurs d'Eve pour les deux milieux.

(1) Aux rayons α la rhyolite de St-Michel - St-Rémy donne 206,9. Ajoutons que dans la même carrière les ouvriers nous ont mis de côté de la barytine en noyaux : elle est tout à fait inactive. A la base se trouve au contraire un banc d'argile onctueuse riche en oligiste et manganèse possédant une radioactivité extraordinaire qui, pour des raisons physiques qu'on exposera plus tard, nous paraît due au Thorium; son activité est de 655. Nous avons aussi recueilli un mélange d'argile et d'oxydes de fer et de manganèse sous forme de banc (analogue à du Wads) dont l'activité est de 2240. Ce sont là des faits particulièrement intéressants qu'il conviendrait d'approfondir. La métaphyre donne 183,1. Le grès Permien voisin nous donne 39.

L'application de ce principe permet de simplifier les problèmes de géoradioactivité, en les substituant, suivant les commodités de calcul, les uns aux autres (voir Schweidter (18)). Exemple : rayonnement d'une plaque en un point ou rayonnement produit à travers une plaque par une source ponctuelle placée à ce point. C'est l'application au cas de bancs ou couches géologiques. Le calcul est facilité par l'établissement à l'avance de tables de « l'intégrale exponentielle » qui intervient dans le calcul. On peut étendre ce calcul au cas d'un banc homogène.

On peut traiter : a) le cas de l'action d'un mince dépôt (cas de filons et des dépôts hydrothermiques) ; b) le cas d'une couche mince sur une surface plane ; c) le cas d'une plaque épaisse ; d) le cas d'une plaque épaisse recouverte d'un corps inactif (cas semblable à celui d'un banc radioactif souterrain recouvert de terre végétale ou de sédiments inactifs).

Il serait bon de construire des graphiques ou des abaques dans le cas où l'on voudrait généraliser cette méthode.

Région de St-Michel-sur-Meurthe (Vosges).

Les vérifications numériques obtenues dans les carrières citées plus haut ont été faites dans une région où la rhyolite s'étend sur une grande superficie entre Saint-Michel-sur-Meurthe et La Salle dans le département des Vosges ; c'est une rhyolite permienne exploitée à Saint-Michel à la carrière de Larmont (près du hameau de Bréhimont). Nous nous sommes établis d'abord le 22 septembre 1937 sur un banc de mélaphyre, formation rare dans la contrée et qui se trouve le long du petit chemin conduisant à Larmont, 103. Plus loin, dans une tranchée taillée dans la mélaphyre, 116. Cette mélaphyre volcanique est un équivalent ancien de basaltes à plagioclases. A l'état frais elle est noire, par altération elle prend et conserve une teinte chocolat. La même roche se retrouve à Saint-Rémy, dans la vallée de la Valdange. Il y a de la biotite, de l'amphibole ou hornblende et des verres. En lame mince on voit de la magnétite et de Papatite.

Nous passons ensuite à l'étude de la rhyolite elle-même ou porphyre de Saint-Michel. Sur une pierre plate affleurant au début du gisement marqué en rouge sur la carte géologique, 162. Dans la carrière, sous le pont des wagonnets d'exploitation, dans la position la plus favorable, près de la falaise, nous trouvons 23. Nous gravissons un sentier dans un petit bois, nous atteignons le sommet afin de reproduire les mêmes mesures que tout au début de la carrière de Welschbrüch. Sur l'herbe, près de l'entourage de sécurité, on a 108. Nous gagnons ensuite à quelques kilomètres de là l'autre extrémité du gisement dans la grande carrière de La Salle, aujourd'hui en grande exploitation, qui servait déjà au temps des Romains ; exemple : voie de Paru, grande voie de communication romaine entre Rambervillers, Saint-Dié et la Meurthe. (Découverte de poteries dans les remblais). Sur une pierre, en face de la partie exploitée, nous obtenons 186. En face, tout en bas au pied de la grande falaise d'exploitation surmontée des remblais romains on trouve 23, c'est-à-dire le même nombre qu'à la carrière de Saint-Michel.

Ce sont les beaux bancs de La Salle qui servent à faire des moellons pour constructions ; les murs des fermes ainsi construites, comme M. Rothé l'a signalé déjà, émettent des rayons qui traversent l'acier et les habitants sont soumis en permanence à ce rayonnement pénétrant. (Voir ci-dessus, p. 11).

Il suffisait, pour terminer cette série, de vérifier les chiffres du Permien en faisant une mesure sur ce terrain caractérisé par ses agates, nous trouvons au hameau des Feignes 86, 94 à Nompelize et enfin 68 aux Broussons dans une excavation ayant servi à l'exploitation du sable à la limite du Permien et du grès (sable et éboulis).

Au moment où nous avons commencé nos observations sur le terrain, nous n'avions pas encore lu le livre de M. Wernadsky, aussi avons-nous été très heureux de trouver dans une brochure intitulée « Les problèmes de la radiogéologie », un plaidoyer en faveur des cartes radio-géologiques (19) :

« Il est actuellement impossible, dit Wernadsky, de représenter correctement la distribution des éléments radioactifs dans les diverses parties de l'écorce terrestre.

« La faute n'en est pas aux méthodes, qui sont précises et suffisamment pratiques, mais au fait que les mesures sont généralement faites sur des échantillons prélevés au hasard, sans tenir compte des conditions géologiques de provenances. »

Par exemple, nous avons toujours été frappés du fait que l'on donne des résultats de moyennes : sur les granits, sur les gneiss, sur les roches acides ou les roches basiques. Ce n'est point là le point intéressant, le point capital, c'est de connaître la radioactivité ou l'émission d'une radiation donnée par une roche spécifiée en un lieu donné. Il interviendra encore un facteur, c'est la profondeur, c'est l'épaisseur des alluvions, du sable, de la couche végétale. Le nombre sera donc le mieux défini pour les roches affleurantes.

« A cet égard, continue Wernadsky, on peut citer l'exemple des déterminations qui ont conduit à faire admettre qu'il existe une différence importante entre la radioactivité des roches acides et des roches basiques, différence qui joue un grand rôle dans la théorie des cycles thermiques de J. Joly et dans la réplique des adversaires.

« Or, l'analyse critique de ces données démontre qu'elles sont, en réalité, dépourvues de la rigueur qu'on leur attribue. Les mesures ont été précises, mais le choix des échantillons sur lesquels elles ont porté est bien fait pour exciter des doutes.

« La précision des constantes qui en ont été déduites est donc inconnue, et elle ne paraît pas devoir être élevée, bien que ces nombres soient parmi les meilleurs dont dispose la radiogéologie.

« De nouvelles déterminations s'imposent donc : elles devront être exécutées d'une manière critique, en tenant compte de toutes les règles imposées par les conditions géologiques.

« Cela signifie qu'elles devront être rapportées avec la plus grande précision possible à la carte géologique et aux coupes qui la complètent.

« Tout ce travail reste à faire pour la radiogéologie. Les déterminations restent rares, de telle sorte qu'il n'existe encore aucune carte des données radiogéologiques, sur la base des cartes géologiques existantes.

« Cette carte radiogéologique tant attendue, devra indiquer la distribution quantitative des atomes radioactifs et l'importance de leur effet thermique pour toute l'épaisseur de l'écorce terrestre géologiquement connue et pour toutes les régions du globe.

« Elle dépassera nécessairement le cadre de la carte géologique, car elle devra tenir compte des gaz et des liquides terrestres, et, en premier lieu, des eaux des différents types.

« Certes, il s'agit là d'un travail de longue haleine, qui exigera une organisation internationale systématique.

« Mais il faut l'entreprendre, la science pose toujours des problèmes qui exigent un labeur considérable.

« Cette carte servira de base à la recherche radiogéologique ; elle jouera ici le même rôle que la carte géologique en géologie générale.

« Si l'importance des problèmes radiogéologiques est bien telle qu'elle nous apparaît, cette carte verra certainement le jour. »

Puissent les prospections décrites dans cette publication en être les prémisses et puissent les géologues faire usage des informations complémentaires que peuvent leur offrir les radiations pénétrantes.

Bibliographie

- 1) M. E. ROTHE et Mme A. HÉZ. Sur les propriétés magnétiques des zones stratigraphiques de la vallée du Rhin. C. R. A. S. 1928, t. 187, p. 32.
- 2) M. E. ROTHE et M. F. STORCKEL. Sur la radioactivité des couches géologiques de la vallée du Rhin. C. R. A. S. 1934, t. 199, p. 1.330. — Sur la radioactivité des couches géologiques de la vallée du Rhin et des roches des Vosges. 68^e Congrès des Soc. Savantes, 1935.
- 3) M. J. P. ROTHE. Sur le magnétisme des basaltes d'Alsace. C. R. A. S. 1934, t. 198, p. 1.443.
- 4) M. BOGOLAVLENSKY. Bull. Inst. Géoph. appl. Leningrad 1, 1925, p. 57 ; 3, 1927, p. 87 et 113.
- 5) M. E. ROTHE et Mme A. HÉZ. Sur la prospection radiométrique d'une coulée de rhyolite. C.R.A.S. 1935, t. 201, p. 892.
- 6) M. E. ROTHE et Mme A. HÉZ. Etude de la radioactivité de la rhyolite du Roskopf (Vosges). Ass. Franç. Av. Sc., Nantes, 1935.
- 7) Mme P. CURIE. Traité de Radioactivité. 1910, t. 1, p. 85.
- 8) M. E. ROTHE et Mme A. HÉZ. Etude d'une zone de contact de granit-gneiss par l'observation des rayons pénétrants. C. R. A. S. 1936, t. 203, p. 268.
- 9) M. E. ROTHE et Mme A. HÉZ. Id. Assoc. Franç. Av. des Sc. Marseille. 1936, p. 222.
- 10) MM. Albert-Michel LÉVY et Henri TRAUZEN. Sur les roches dénommées-Trapps dans la région de Raon-l'Étape (Vosges). C. R. A. S. 1923, t. 177, p. 334.
- 11) Mlle J. ROESS. Mesure du coefficient de restitution des roches. Publications du Bureau central sismologique international, Série A Travaux scientifiques, fasc. n° 13.
- 12) Mme E. JÉRÉMINE. Roches et minéraux de Raon l'Étape (Vosges). Extr. du 66^e Congrès des Sociétés savantes, 1933.
- 13) M. E. ROTHE et Mme A. HÉZ. Prospection de la carrière de trapp et de granit de Raon-l'Étape par les radiations pénétrantes. C. R. A. S. 1937, t. 204, p. 1835.
- 14) M. H. BÜCKING. Beiträge zur Geologie des oberen Breuschtals in den Vogesen. Mitt. der Geol. Landesanstalt von Els. Loth. XII 1918, H 1, p. 279-291.
- 15) M. H. BÜCKING. Beiträge zur Geologie des oberen Breuschtals in den Vogesen. Mitt. der Geol. Landesanst. von Els. Loth. XII H 1 p. 292-296.
- 16) 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. J. Abh. der Geol. Landesanst. von Els.-Lothr, I 1877.
- 17) M. E. SCHNAEBELÉ. Les granits du Champ de feu. C. R. A. S. 1923, t. 176, p. 613.
- 18) St. MEYER, E. SCHWEDLER. Radioaktivität, Leipzig 1927.
- 19) W. WERNADSKY. Les problèmes de la radiogéologie. Actualités scientifiques et industrielles. Hermann et C^o, Paris, 1935.

Signification des symboles utilisés dans les cartes

- γ , granit à biotite et amphibole.
- γ' granit à biotite, leucocrate à biotite (peu) et parfois fluorine.
- X Schistes de Steige, micacés à Andaloussite et quartzites.
- d Dévonien, roches métamorphiques.
- d_c Cornéennes calcaires.
- r¹ Permien supérieur.
- n Diorite quartzique.
- μ , Métaphyre.
- t_v Grès vosgien.
- π Rhyolite.
- ζ' Gneiss.
- χ Miulette.

Radioactivité de roches d'Alsace et des Vosges. — Méthode électrométrique utilisant les rayons α
 Activités relatives exprimées par rapport à un disque étalon d'uranium

Granits.

Andlau, ruine de Spesbourg. (rose) : 178,4. — Andlau (gris) : 135,4. — Barembach, 226,6 ; 232,5. — Bonne-Fontaine : 1) 151,2 ; 2) 169,8. — Bilstein : 293,4 ; 347,2. — Brifosse : 579,2. — Brézouard : 121,7. — Brézouard (variété rose du sommet à deux micas) : 60,3. — Cerisier noir : 111,2. — Croix-Biagoutte porphyroïde sans amphibole : 377,4. — Gérardmer-Cornimont : 364,9. — Grendelbruch : 100,9 ; 89,2 ; 150,7 ; 155,3. — Hohwald : 215,0 ; 277,5. — Kagenfels parcelle 54 : 822 ; ruine : 849,4 ; ruine 790,8 ; ruisseau : 954,8 ; ruine : 1382,4 ; ruine : 850,5. — Lac Blanc : 294,4. — La Serva : 192,7 ; 164,7 ; 88,5 ; 245,0. — Le Puid-Vermont : 1) 472,5 ; 2) 109,3. — Du Mesnil : 1) 115,8 ; 2) 196,8. — Natzwiller : 731,9 ; 729,6. — Orbey ruisseau : 218,9 ; à côté du basalte : 458,1. — Palon corail : 253,8 ; feuille morte : 357,5. — Route de Rothau à Natzwiller 231,5. — Ribeauvillé granit des Crêtes : 219,3. — Rothenbach flanc nord : 1136,3 ; porphyroïde : 799,2. — Vosges centrales : 394,2 ; 389,5 ; sous les rochers : 520,4. — Raon l'Étape : 595,5 ; ancienne carrière : 1) 1117,4 ; 2) 859,4. — Rombach-Hingrie : 724,0 ; 618,5 ; porphyroïde altéré : 640,5 ; 515,4. — Senones : 192,9. — Ste-Marie-aux-Mines (crêtes) : 636,7. — Senones-Grandrupt : 152,4. — Verreries : 563,4 ; 313,0.

Basaltes.

Cerisier noir : 66,6. — Orbey, Champ Simon : 127,7 ; ruisseau : 689,9 et 734,7 ; roche en place : 231,5 et 235,4. — Riquewihr : 76,4.

Gneiss.

Brifosse : 44,8. — Bagenelles : 1) 0 ; 2) 2 ; 3) 23,6. — Byfast : 137,6. — Ribauvillé : 66,2. — Sommet du Brézouard : 90,6. — Sentier des Bagenelles à Haicof : 37,2. — Tendon : 56,4. — Tholy : 63,6.

Trapps.

Cadran bleu, Les Baraques : 117,8. — Raon l'Étape (bleu) : 2,5 ; (bigarré) : 153,0. — Senones-Grandrupt : 14,1 (18gr).

Rhyolites.

Saint-Michel-sur-Meurthe : 208,9. — Rosskopf : 913,8.

Argiles.

Saint-Michel-sur-Meurthe : 2240 (20 gr) ; à oligiste : 6154,9 (21 gr 5).

Grès.

Saint-Michel-sur-Meurthe : 38,9.

Diorites.

Barembach : 196,4. — Rosskopf : 71,0. — Neugrünrain : 51,7.

Divers.

Biarville (schistes) : 143,6. — Tholy (Alluvions) : 74,8 ; Grauwackes, Rothenbach sommet : 51,9 ; au delà des ruines : 51,9.

Filons de quartz, Ribeauvillé : 18,3

Mélaphyre, Saint-Michel-sur-Meurthe : 185,1.

Barytine, Saint-Michel-sur-Meurthe : 0.

Minette, Senones-Grandrupt : 151,8.