



HAL
open science

Étude de l'influence de quelques facteurs géophysiques sur les points de chute de la foudre

L.N. Bogoïavlensky

► **To cite this version:**

L.N. Bogoïavlensky. Étude de l'influence de quelques facteurs géophysiques sur les points de chute de la foudre. *Journal de Physique et le Radium*, 1931, 2 (4), pp.101-113. 10.1051/jphys-rad:0193100204010100 . jpa-00233055

HAL Id: jpa-00233055

<https://hal.science/jpa-00233055>

Submitted on 4 Feb 2008

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

LE JOURNAL DE PHYSIQUE

ET

LE RADIUM

ÉTUDE DE L'INFLUENCE DE QUELQUES FACTEURS GÉOPHYSIQUES
SUR LES POINTS DE CHUTE DE LA FOUDRE;

par L. N. BOGOÏAVLENSKY.

(Laboratoire Radiologique de la Chambre Centrale des Poids et Mesures, Leningrad).

Sommaire. — L'auteur décrit les recherches sur la conductivité de l'air atmosphérique et du sol dans les endroits souvent frappés par la foudre. On a employé quatre procédés différents : méthode de la prospection radiométrique d'après le rayonnement pénétrant, les mesures de la conductivité électrique de l'air atmosphérique avec l'appareil de Gerdien, méthode de la prospection électrométrique avec un champ électrique artificiel et méthode de la prospection électrométrique des champs électriques naturels. De ces quatre méthodes, les trois premières ont donné des résultats concluants qui démontrent que dans les endroits souvent frappés par la foudre, les grandeurs de l'intensité du rayonnement pénétrant terrestre et la conductivité électrique de l'air atmosphérique sont toujours plus élevés. Aux points où l'intensité de la radiation pénétrante atteint le maximum correspond la conductivité électrique du sol déterminée.

Les expériences étaient faites dans deux localités différentes situées à 200 kilomètres de Leningrad sur des roches sédimentaires (argiles et grès) d'âge dévonien couvertes de dépôts glaciaires sous forme d'amas de galets de roches cristallines.

Cette étude a été faite sur la proposition du Président de la Chambre Centrale des Poids et Mesures, M. Chatelain et sur la demande du Dnieprostroi. Elle a pour but de vérifier les résultats des travaux de Dozère et Rouget ⁽¹⁾, qui ont démontré l'existence d'une influence de la constitution géologique du sol sur les points de chute de la foudre. On sait depuis longtemps, que la foudre peut produire des destructions considérables et qu'elle choisit souvent des lieux bien déterminés. Possédant les propriétés de la décharge électrique à étincelle, la foudre, évidemment, doit préférer suivre la voie de moindre résistance électrique. Si la décharge se produit entre le nuage et la terre, il est évident que les lieux frappés doivent correspondre à l'air et au sol les plus conducteurs. C'est pourquoi les recherches relatives à ce phénomène doivent porter tout d'abord sur l'étude de la conductibilité électrique de l'air atmosphérique et du sol.

Le phénomène d'ionisation est la seule cause qui puisse rendre l'air conducteur d'électricité. Les nombreux facteurs qui produisent l'ionisation, peuvent être divisés en deux catégories principales : ceux d'origine radioactive et ceux d'origine non radioactive. La deuxième catégorie ne doit pas nous intéresser parce que tous les facteurs qui y entrent ne peuvent pas avoir d'action suffisamment localisée. La première catégorie correspond généralement à tous les éléments radioactifs qui émettent des rayonnements possédant un pouvoir ionisant très puissant. Ces radioéléments qui se présentent sous la forme de corps solides ou gazeux sont répandus en quantités infiniment petites, mais avec des concentrations très variables dans toutes les parties de l'écorce terrestre et dans l'air atmosphérique. Il est

⁽¹⁾ *C. R.*, t. 186 (1928), p. 1565.

démontré que les émanations radioactives se trouvant dans l'air atmosphérique sont produites par la désintégration de radioéléments de poids atomique plus élevé qui sont contenus dans les roches constituant le sol. Possédant toutes les propriétés des gaz, ces émanations sont facilement entraînés par les courants d'air — c'est pourquoi nous ne pouvons pas les mettre au rang des facteurs ionisants qui sont liés à un endroit déterminé. Il nous semble, que la seule cause constante, qui puisse produire l'ionisation de l'air atmosphérique dans un endroit déterminé quelconque, doit être le rayonnement pénétrant provenant d'une concentration plus ou moins considérable des éléments radioactifs se trouvant dans le sol. Par conséquent, au lieu de mesurer la conductibilité électrique de l'air atmosphérique, nous pouvons mesurer directement l'intensité du rayonnement pénétrant en un point déterminé de la surface du sol.

La conductibilité électrique des roches varie dans des limites très larges et dépend de leur composition minéralogique et chimique. La grandeur de la conductibilité peut être déterminée d'après la distribution du courant électrique dans les diverses couches de la roche, de sorte qu'employant les procédés connus de la prospection électrométrique, nous pouvons arriver à des conclusions sur la résistivité électrique du sol à diverses profondeurs. D'autre part, le contact de certaines roches peut donner lieu à une force électromotrice, qui peut produire un champ électrique naturel. En étudiant la distribution de ce champ dans la région, nous pouvons aboutir à des conclusions sur la distribution des zones de contact des roches avoisinantes.

Ainsi nos recherches sur la conductivité électrique de l'air atmosphérique et du sol dans les régions où se trouvent les points de chute de la foudre ont utilisé quatre procédés différents.

1. Méthode de la prospection radiométrique d'après le rayonnement pénétrant ⁽¹⁾. — La méthode consiste à mesurer l'intensité du rayonnement pénétrant en divers points de la région à l'aide d'un électromètre spécial. Les résultats des mesures exprimés par le nombre des ions formés dans 1 cm³ par seconde sont inscrits sur la carte de la région. Les isolignes correspondant à des intensités déterminées et obtenues par interpolation peuvent donner une idée de la position et de la figure du corps qui émet le rayonnement pénétrant. L'appareil employé pour cette méthode est constitué par un électromètre hermétiquement fermé avec des parois épaisses (15 mm de laiton) et 3 litres de volume intérieur. Deux petits réseaux de fils en quartz métallisés sont accrochés à une plaque en invar supportée par une baguette d'ambre. Les mouvements des fils de quartz chargés peuvent être observés à l'aide d'un microscope muni d'une échelle. La précision des mesures peut atteindre 0,2 ions par cm³ et par seconde.

2. Méthode de la prospection radiométrique avec l'appareil Gerdien. — L'appareil très répandu de Gerdien sert pour la détermination de la conductibilité de l'air ($\lambda \pm$), ainsi que pour mesurer le nombre des ions contenus dans un volume déterminé. À l'aide d'un ventilateur, l'air est chassé dans un tube large où est placé un tube condensateur lié à un électroscope d'Exner. En observant la vitesse du mouvement des feuilles en aluminium on peut calculer la conductibilité électrique de l'air et l'exprimer en unités électrostatiques. L'inconvénient de cette méthode tient à la nécessité de faire les mesures dans un air parfaitement calme, parce que le vent peut apporter les ions de loin et fausser les résultats, notre but étant de mesurer la conductibilité de l'air en un point déterminé. Pour éviter ces erreurs, nous avons enlevé la moitié inférieure du pavillon du tube et couvert la partie de l'appareil qui sert pour l'entrée de l'air par un morceau de toile cirée, de sorte que l'appareil étant placé directement sur le sol aspire l'air tout près de la surface du sol. Dans ces conditions, nous avons obtenu des résultats suffisamment constants et ne dépendant pas du vent.

⁽¹⁾ *Bull. of the Inst. of Practical Geophysics*, Leningrad, t. 1 (1925), p. 57, 63; *Id.* t. 2 (1926), p. 184; *Id.*, t. 3 (1927), p. 87, 113; *Id.*, t. 4 (1928), p. 165. — *Nature*, 9 avril 1927. — *Z. f. Geophysik*, t. 3 (1927), n° 2/3.

3. Méthode de la prospection électrométrique avec un champ électrique artificiel. — Si à l'aide de deux électrodes enfoncées dans le sol et placées à une distance déterminée l'une de l'autre, on fait passer un courant électrique continu à l'aide d'une batterie de piles électriques, on peut déceler au moyen de deux autres électrodes une différence de potentiel qui dépend de la conductibilité électrique (γ) du sol. La grandeur inverse de la conductibilité s'appelle la résistivité électrique apparente (ρ) et s'exprime en ohms par m . Il faut rapporter la grandeur de ρ à un point de la roche se trouvant sur la verticale passant par le milieu de la ligne droite qui joint les deux électrodes reliées à la batterie et à une profondeur h égale aux $3/8$ de la distance entre les électrodes. En changeant cette distance, on peut mesurer la résistivité de la roche à profondeur variable et obtenir toute une série de résultats, d'après lesquels on peut dresser une courbe de changement de la résistivité en fonction de la profondeur.

Les mesures se font par la méthode de compensation, à l'aide d'un potentiomètre spécial. Il est évident que l'interprétation des résultats obtenus par cette méthode est beaucoup plus difficile que dans les deux cas précédents, parce qu'ici il faut prendre en considération l'influence de la profondeur. Les résultats des mesures étant donnés ordinairement sous forme d'une courbe dressée d'après quelques points expérimentaux, ne donnent aucune idée sur la distribution de la résistivité aux différents lieux et aux diverses profondeurs. C'est pourquoi nous avons représenté les résultats des mesures en traçant les isolignes de résistivité électrique déterminée et pour des plans horizontaux situés à diverses profondeurs déterminées. En utilisant plusieurs plans ainsi étudiés, on peut obtenir les électroprofils des couches de roches possédant une résistivité et une conductivité déterminée.

4. Méthode de la prospection électrométrique des champs électriques naturels. — Comme nous l'avons indiqué plus haut, le contact de deux roches de compositions chimiques et minéralogiques différentes peut produire une force électromotrice naturelle, qui crée un champ électrique naturel. A l'aide d'électrodes spéciales non polarisables, nous pouvons mesurer l'intensité du champ naturel dans les divers points de la localité et tracer ainsi sur le plan les lignes de contact des deux roches (¹).

Telles sont les quatre méthodes que nous avons employées dans nos recherches concernant l'influence des facteurs géophysiques sur les points de chute de la foudre. Les deux premières utilisent les phénomènes radioactifs, les deux autres les propriétés électriques du sol. En général, toutes les quatre utilisent des mesures de courants électriques d'intensités très variables d'une méthode à l'autre.

Nous avons choisi pour nos expériences deux localités situées à deux cents kilomètres environ de Leningrad. Le caractère géologique était le même dans les deux cas, ce sont des roches sédimentaires (argiles et grès), d'âge dévonien couvertes par des dépôts de sédiments glaciaires, constituant des amas de galets formés de roches éruptives provenant de Finlande. L'enquête faite à Leningrad a établi l'existence, dans ces deux localités, d'endroits qui sont particulièrement frappés par la foudre.

A. Application des méthodes dans la localité N° 1.

Le village est situé sur une terrasse naturelle longeant la rive orientale d'un grand lac ayant un diamètre de presque 3 kilomètres. Du côté occidental, la terrasse descend vers le lac en passant par des marais tourbeux. Une enquête conduite parmi les habitants a établi que la foudre préfère toujours la partie centrale du village et ne frappe jamais le marais et le lac. Les chutes de foudre ont provoqué des incendies, mais très souvent la foudre a frappé

(¹) Prof. A. PETROVSKY. *Bull. of the Inst. of Practical Geophys.*, t. 1 (1925), p. 87; *Id.*, t. 2 (1926), p. 124; *Id.*, t. 3 (1927), p. 64; *Id.* t. 4 (1928), p. 121.

le sol sans produire d'accidents et cela a toujours eu lieu dans la partie centrale du village.

On a choisi dans l'étendue du village et de ses environs 22 points qui ont été marqués sur le plan (fig. 1). La distance entre les points disposés sur les lignes droites A, B, C, D et E, était de 50 à 100 mètres. La surface totale explorée a été de 450 000 mètres carrés.

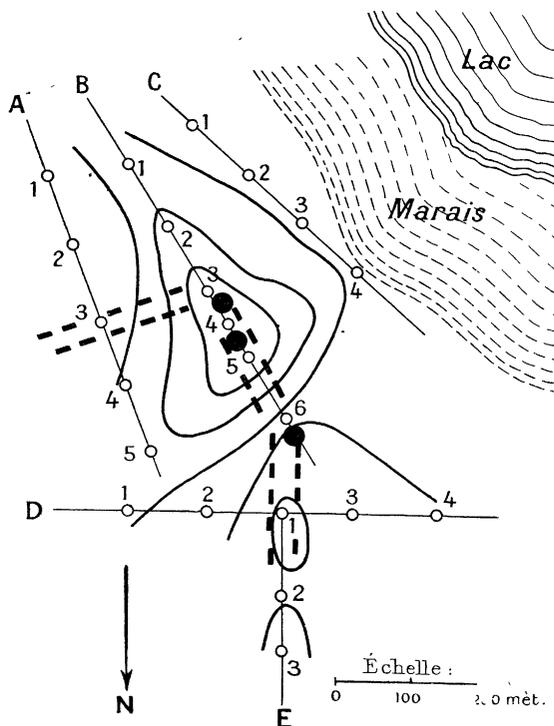


Fig. 1.

1. Méthode de la prospection radiométrique d'après le rayonnement pénétrant. — Les mesures sur les 22 points furent effectuées avec l'électromètre décrit plus haut. Leurs résultats exprimés par le nombre des ions formés dans 1 cm^3 par seconde, sont donnés par le tableau suivant :

POINTS	1	2	3	4	5	6
Ligne A.....	14,9	14,2	15,0	16,0	16,7	»
— B.....	16,7	17,1	18,5	18,5	18,9	15,9
— C.....	15,0	15,8	15,8	15,8	»	»
— D.....	16,5	15,1	16,5	16,1	»	»
— E.....	17,2	16,9	17,0	»	»	»

On y peut voir que l'intensité du rayonnement terrestre variait de 14,2 à 18,9 ions,

c'est-à-dire de 33 pour 100. Ces résultats reportés sur le plan, permettent de mener les isolignes de 16,0, 17,0 et 18,0 ions qui sont tracées sur la figure, où le maximum de la radiation pénétrante coïncide exactement avec les points de chute de foudre (taches noires) (fig. 1).

2. Méthode de la prospection radiométrique avec l'appareil Gerdien. — Les mesures sont effectuées sur les mêmes points avec l'appareil de Gerdien arrangé de la façon décrite ci-dessus pour obtenir des résultats constants et ne dépendant pas de la direction du vent. Les résultats des mesures exprimées en unités électrostatiques $\times 10^{-4}$ sont donnés par le tableau :

POINTS	1	2	3	4	5	6
Ligne A.....	1,5	1,5	4,5	5,1	10,1	
— B.....	4,5	5,5	5,2	5,5	4,9	4,9
— C.....	3,4	3,4	3,7	1,5	»	»
— D.....	3,5	4,1	2,8	2,6	»	»
— E.....	4,1	4,8	3,7	»	»	»

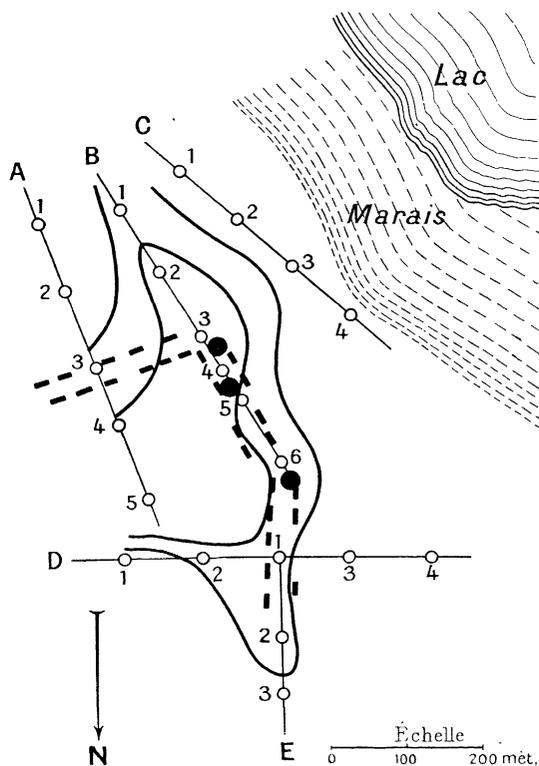


Fig. 2.

Comme dans le cas précédent, les résultats sont reportés sur la carte de la région (fig. 2).

Les isolignes correspondant à $\lambda = 4,0$ et à $\lambda = 5,0 \times 10^{-4}$ E. S. donnent des figures ayant une très grande ressemblance avec celles qui ont été obtenues par la mesure du rayonnement pénétrant. Les divergences observées aux points A — 4 et A — 5, où la conductibilité était plus élevée, peuvent être facilement expliquées par la porosité du sol plus perméable pour les gaz, de sorte que nous y avons observé l'effet ionisant très puissant des émanations radioactives du sol, qui s'était ajouté à celui du rayonnement pénétrant.

3. **Méthode de la prospection électrométrique avec le champ électrique artificiel.** — Les mesures de la résistivité apparente du sol ont été effectuées pour les profondeurs de 7,5 à 37,5 mètres. La représentation graphique des résultats électrométriques est plus difficile à effectuer que dans les deux cas précédents. Nous avons dressé 4 plans de la distribution de la conductibilité électrique du sol aux quatre profondeurs différentes : 7,5 ; 15 ; 25 et 37,5 mètres (figures 3, 4, 5 et 6). En partant de ces quatre plans, nous avons déter-

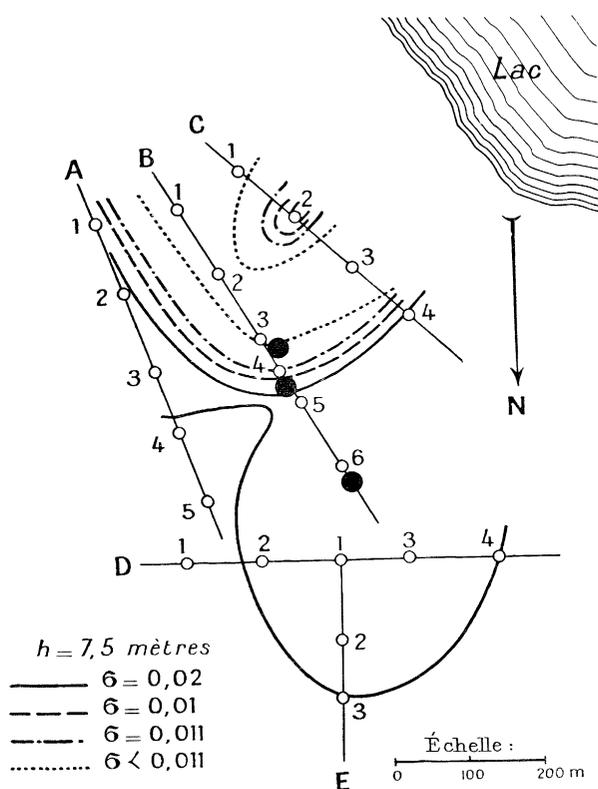


Fig. 3.

miné les profils des couches possédant des conductibilités électriques déterminées. Deux profils pour les lignes B et E sont représentés sur les figures 7 et 8. Pour les comparer aux résultats radiométriques nous avons placé au-dessus des profils les courbes de la variation de l'intensité de la radiation pénétrante. On peut voir facilement qu'en partant de la profondeur de 25 mètres, les figures des isolignes électrométriques ressemblent beaucoup aux isolignes radiométriques obtenues par les deux procédés précédents. Ceci nous permet

d'aboutir à la conclusion, que les corps émettant les radiations ionisantes possèdent une conductibilité électrique bien déterminée.

4. Méthodes de la prospection électrométrique avec le champ électrique naturel. — Comme c'était à prévoir, l'existence du champ électrique naturel, si l'on prend en considération le caractère des roches, était douteuse. Les mesures avec les électrodes non polarisables ont démontré l'absence totale ou presque totale du champ électrique naturel, c'est pourquoi l'on peut conclure que cette méthode n'est pas applicable dans notre cas.

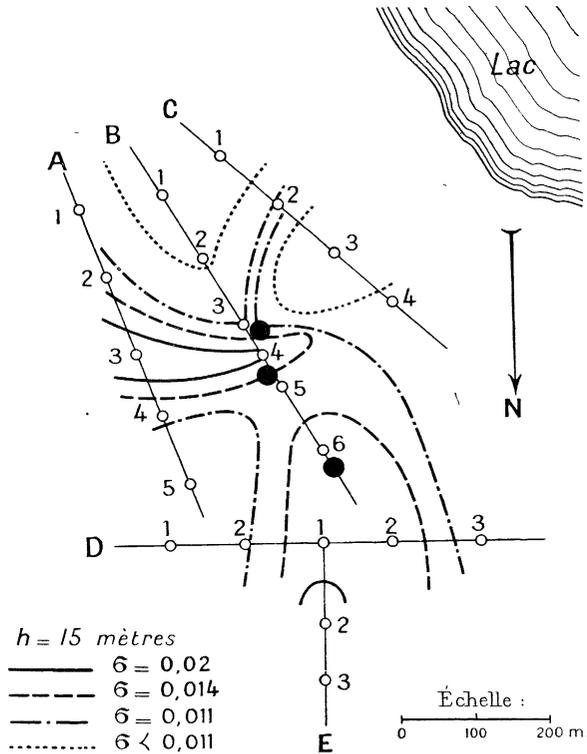


Fig. 4.

B. Application des mêmes méthodes dans la localité N° 2.

Le village est situé sur une chaîne de collines dans la vallée de la Louga sur la rive gauche de cette rivière. Les maisons longent une route pavée orientée dans la direction nord-sud. Sur une colline dominante le sommet est occupé par un moulin à vent. L'enquête faite parmi les habitants a confirmé des incendies nombreux ainsi qu'un accident mortel près du moulin à vent provoqués par les chutes de foudre. Mais le résultat le plus intéressant de cette enquête a été l'affirmation unanime que les chutes de foudre se produisent le plus souvent dans la rivière même, c'est-à-dire dans la partie la plus basse de la région.

Le travail a été commencé, comme d'habitude, par le choix d'un réseau de points. Comme dans le cas précédent, les points furent disposés suivant les lignes droites avec entre eux des distances de 150 à 200 mètres. D'abord on a installé 29 points sur les lignes A, B, C, D, E, F, G qui furent complétées ensuite par 11 points disposés sur les

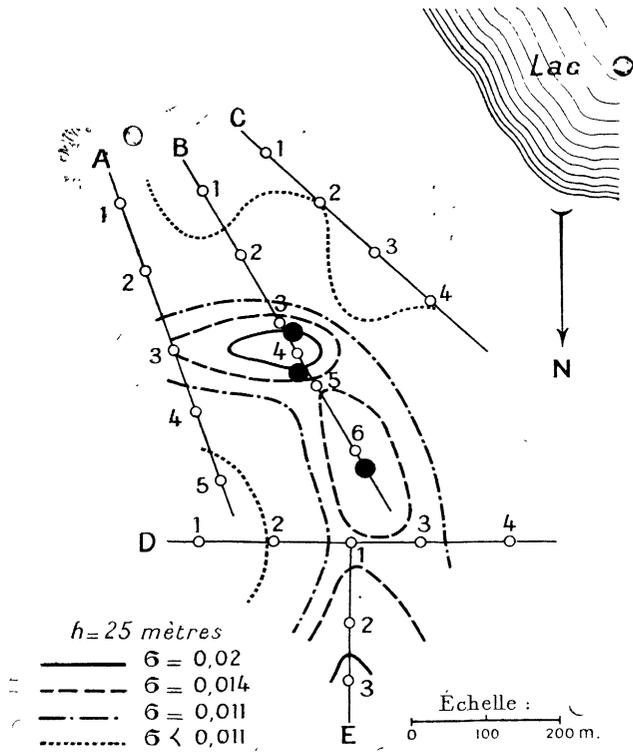


Fig. 5.

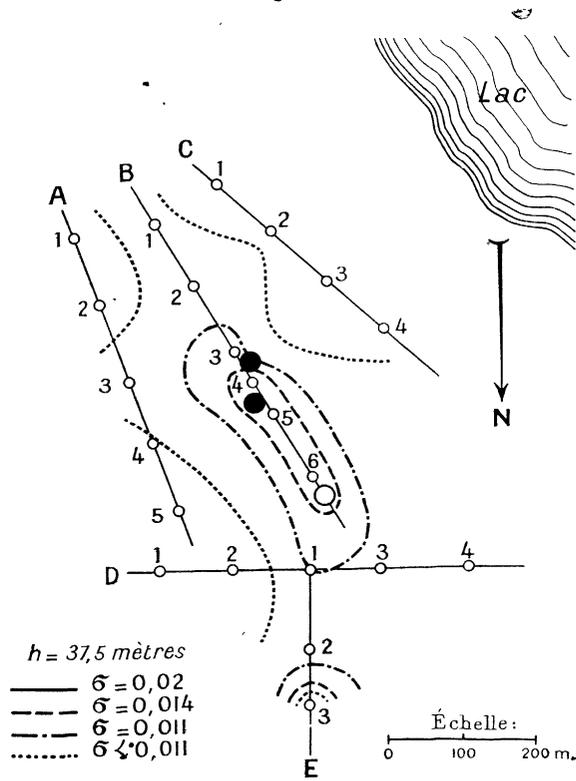


Fig. 6.

lignes H, I, K et par un point A — O. La surface totale explorée a été de 1 000 000 m².

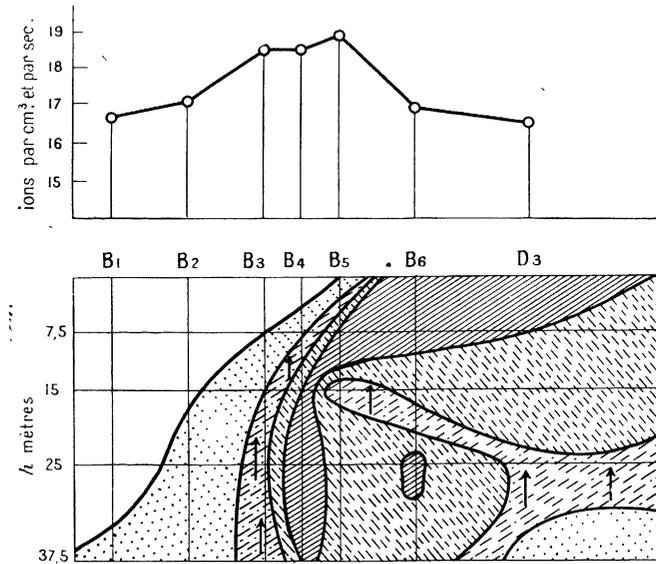


Fig. 7.

A cause d'une avarie de notre appareil Gerdien et de l'absence de champ naturel dans le sol, nous n'avons appliqué dans cette localité que deux méthodes sur les quatre décrites ci-dessus.

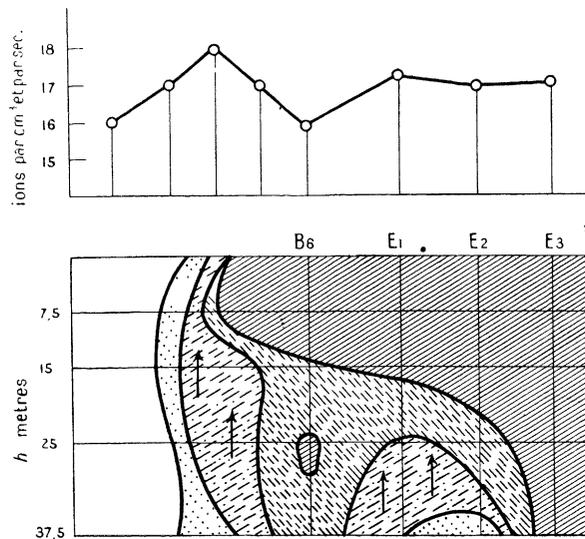


Fig. 8.

1. Méthode de la prospection radiométrique d'après le rayonnement pénétrant. — Les mesures de la variation de l'intensité du rayonnement pénétrant terrestre ont été faites en tous les 41 points choisis dans cette localité. Les résultats exprimés par le nombre des ions formés dans 1 cm³ par seconde sont réunis dans le tableau suivant :

POINTS		0	1	2	3	4	5
Ligne	A.....	17,5	15,9	17,1	15,7	»	»
—	B.....	»	15,5	16,5	16,1	15,3	»
—	C.....	»	16,5	15,5	15,0	15,7	»
—	D.....	»	17,2	16,4	16,8	15,9	»
—	E.....	»	17,2	18,1	17,0	17,0	»
—	F.....	»	16,0	16,2	16,9	16,3	15,6
—	G.....	»	16,1	15,9	15,9	16,6	16,4
—	H.....	»	16,8	17,0	17,0	15,5	»
—	I.....	»	16,5	15,0	15,5	»	»
—	K.....	»	15,9	15,1	15,1	15,4	»

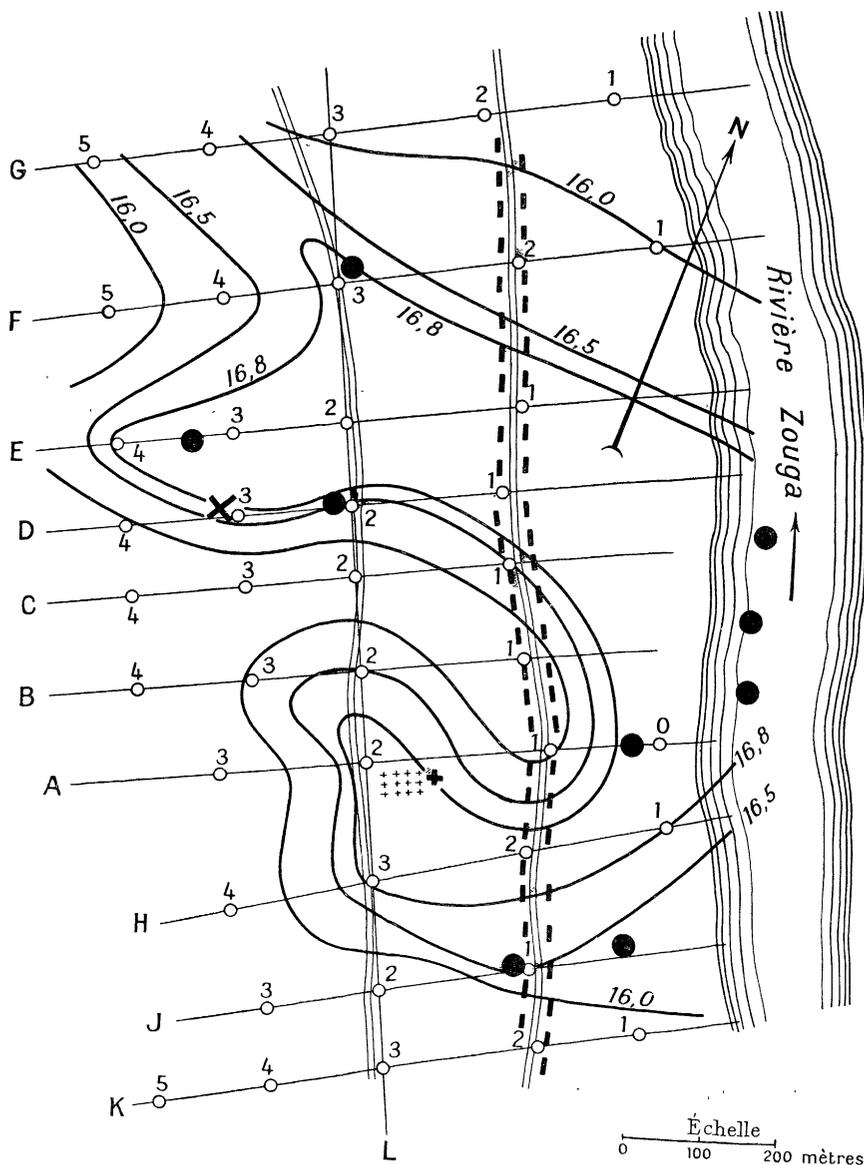


Fig. 9.

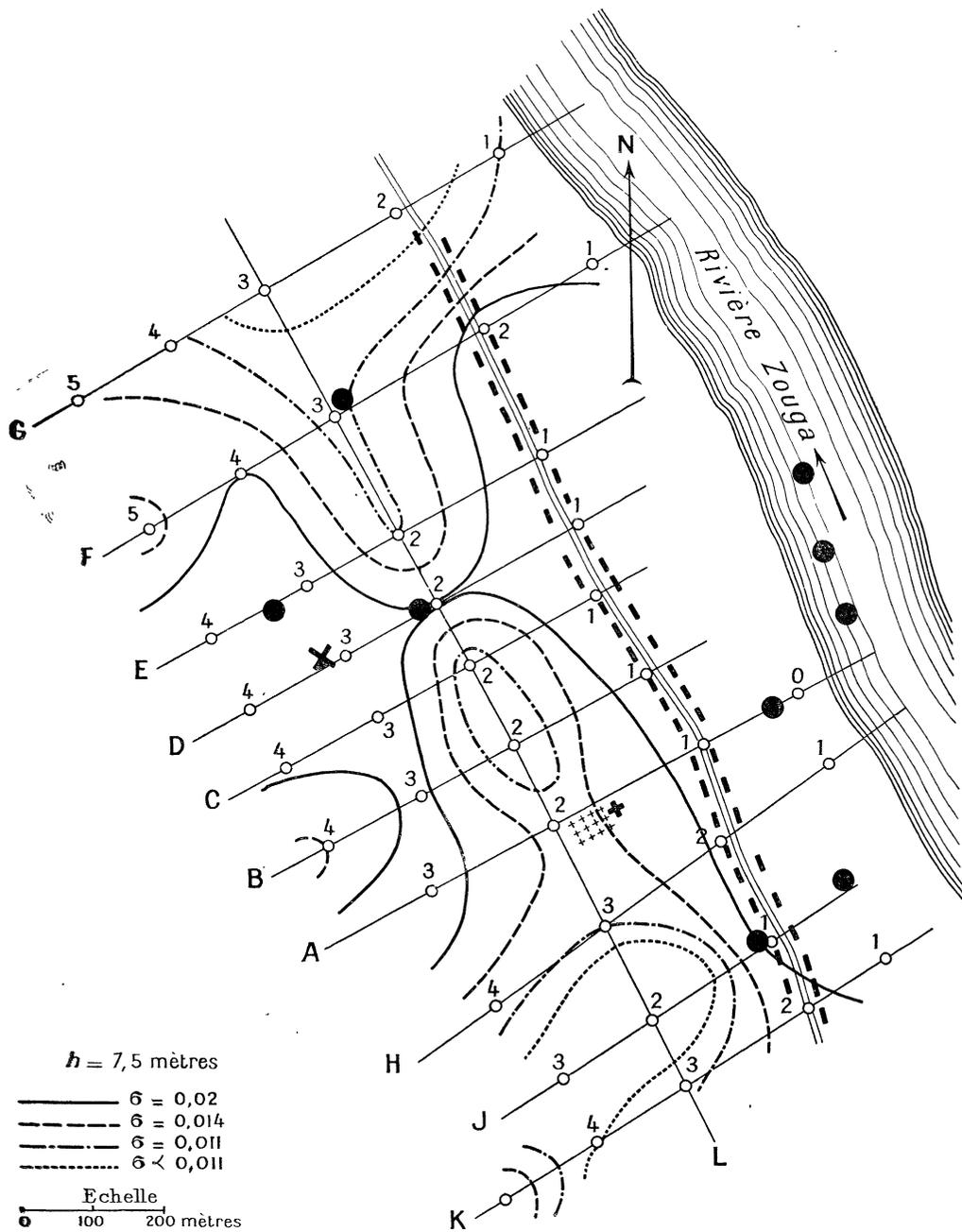


Fig. 10.

On peut y voir que l'intensité du rayonnement terrestre variait de 15,0 à 18,1 ions, c'est-à-dire de 21 pour 100. Ces résultats reportés sur le plan, permettent de tracer les isolignes 16,0; 16,5 et 16,8 ions qui donnent des courbes montrant que le maximum se trouve vers la rivière. Ces courbes sont plus compliquées que dans le cas précédent, mais les points de chute de foudre sont placés exactement dans les endroits possédant l'intensité du rayonnement pénétrant la plus élevée (fig. 9).

2. Méthode de la prospection électrométrique avec le champ électrique artificiel. — Les mesures de la résistivité électrique apparente du sol ont été effectuées aux mêmes 41 points disposés sur l'étendue de la localité et pour les profondeurs de 7,5 à

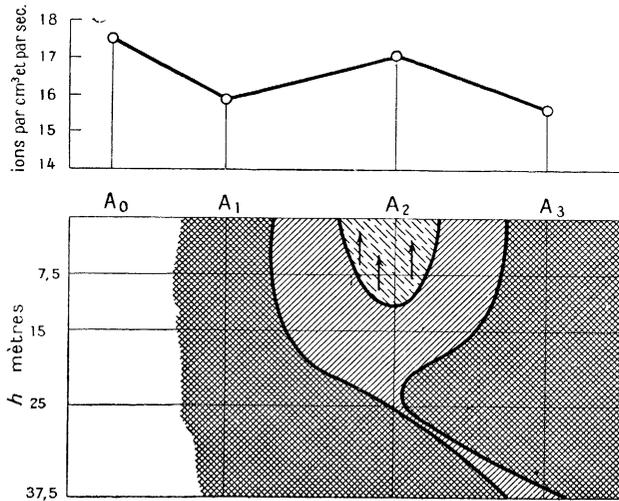


Fig. 11.

37,5 mètres. Ainsi que dans le cas précédent nous avons dressé quatre plans de la distribution de la conductibilité électrique du sol pour quatre profondeurs différentes :

7,5 15 25 et 37,5 mètres.

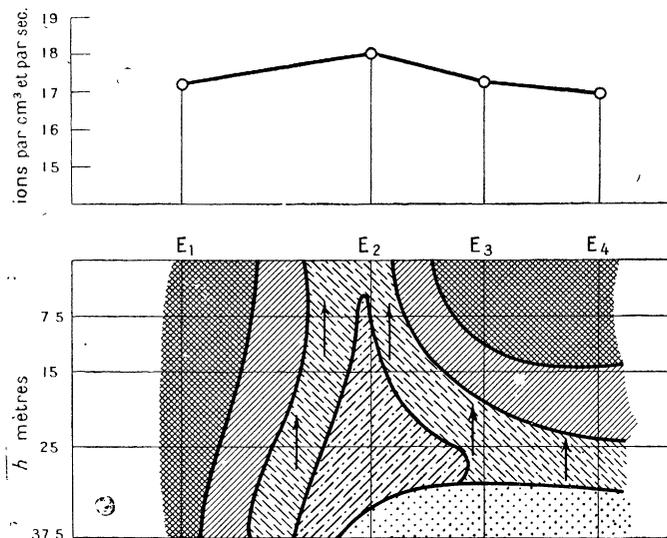


Fig. 12.

Ces plans auxiliaires ont servi à la détermination des électroprofils des couches possédant des conductibilités électriques déterminées. Un de ces plans correspondant à la profondeur 7,5 mètres, est représenté sur la figure 10. Trois profils pour les lignes A, E et L avec les

courbes de la variation de la radiation pénétrante (figures, 11, 12 et 13) démontrent clairement que le corps actif émettant les radiations ionisantes possède une conductibilité électrique-déterminée.

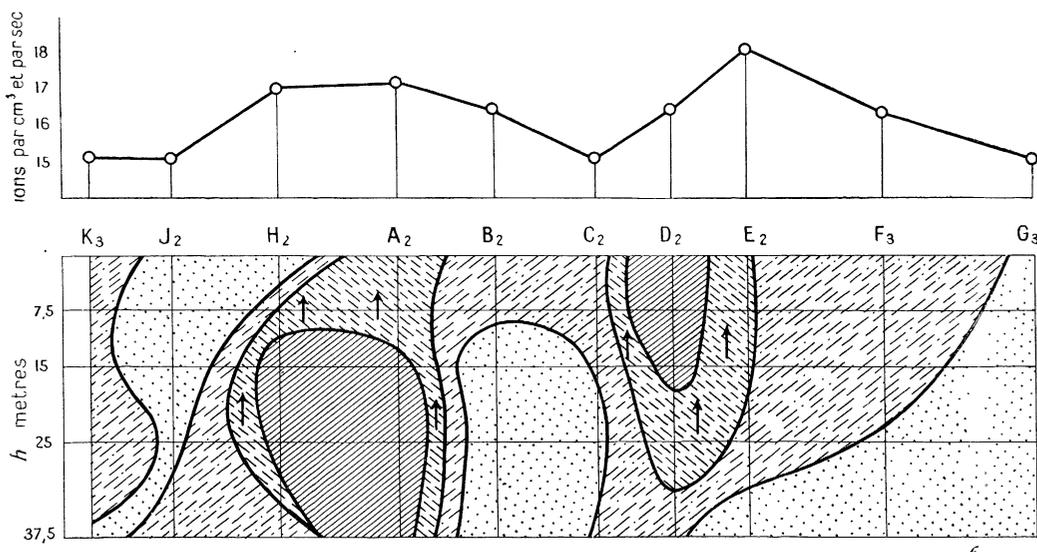


Fig. 13.

Conclusions. — Comme on peut voir, les trois méthodes tout à fait différentes ont donné des résultats analogues et concordants. Il nous semble que les points de chute de la foudre se placent dans les endroits possédant avant tout l'air le plus conducteur. La méthode de la prospection radiométrique des radiations pénétrantes nous donne le moyen d'étudier la répartition des substances ionisantes, dont l'effet peut se manifester à des hauteurs considérables (1). La méthode électrométrique nous donne une idée de la conductibilité du sol. Si le rôle d'ionisateur est lié à une conductibilité du sol déterminée, nous pouvons supposer que cet ionisateur doit être une roche plus radioactive, dont l'effet produit le phénomène étudié ici de la localisation des coups de foudre.

Comme nous l'avons indiqué plus haut, le caractère géologique des deux localités étudiées est le même, ce sont des grès et des argiles dévoniens, où il est difficile de supposer des concentrations considérables en substances radioactives. Mais ces roches sédimentaires sont couvertes de dépôts glaciaires dont l'épaisseur peut atteindre quelques dizaines de mètres. Ces dépôts contiennent des roches cristallines sous forme d'amas de galets. Il nous semble que la solution du problème doit être cherchée dans ces roches cristallines, qui peuvent contenir des concentrations considérables en éléments radioactifs, dont les radiations viennent tracer le chemin aux décharges électriques.

Ce travail a été fait en collaboration avec MM. L. I. Scariatine et A. G. Strolmann; nous avons eu recours pour la partie électrométrique aux conseils de M. le Professeur A. A. Petrovsky. Je tiens à exprimer ici ma reconnaissance à tous.

(1) Nous ne pouvons pas aborder ici la question de la nature des rayonnements pénétrants d'origine terrestre, qui fera l'objet d'un article spécial.