

COMITE NATIONAL FRANCAIS DE GEODESIE ET GEOPHYSIQUE

- Section d'Hydrologie Scientifique -

Séance du 3 Novembre 1941

- ORDRE DU JOUR -

- 1°) Approbation du Procès-verbal de la précédente séance
- 2°) Est-il possible d'affirmer la présence et le sens d'écoulement des eaux souterraines par un moyen géophysique, et comment ? - par M. DIENERT, Président de la Section
- 3°) Appareil pour mesurer la perméabilité et la porosité d'une roche - par M. DIENERT, Président de la Section
- 4°) Rapport sur la Commission Scientifique de la Seine et de son Bassin - par M. FROLOW, Ingénieur-Docteur, Secrétaire de la Commission
- 5°) Création d'un Comité d'étude des Fleuves français
- 6°) Questions diverses.

-PROCES-VERBAL-

La séance est ouverte à 16 h 30 au Ministère des Travaux Publics, sous la présidence de M. DIENERT.

Etaient présents : M. Diénert, Président. M.M. Bachet, Beau, FroLOW, Guillerd, Jean Laurent, de Martonne, Médecin Général Pasteur, Perrier, Sentenac, Urbain, Vibert. M. Pioger remplaçant M. de Pampelonne.

Absents excusés : M.M. Léon Bertrand, Bourcart, Glangeaud, Lutaud, Rabet.

°
°

En ouvrant la séance, M. le Président souhaite la bienvenue à M. PIOGER.

Le Procès-verbal de la séance du 25 Novembre 1940 est adopté sans observation.

°
° °

M. GUILLERD, Vice-Président, donne la parole à M. DIENERT qui présente à la Section une communication sur un appareil permettant de mesurer la perméabilité et la porosité d'une roche.

M. DIENERT commence son exposé en soulignant l'importance que présente la connaissance de la perméabilité (par fissures et par porosité) des roches et matériaux divers :

- a) dans la construction de barrages et de barrages-réservoirs
- b) dans l'estimation de la qualité des nappes souterraines (l'eau coulant à travers les pores des roches perméables donne des nappes de bonne qualité; les eaux drainées par les fissures des terrains imperméables sont, au contraire, souvent contaminées et les débits, recueillis par les ouvrages, très variables selon les points d'implantation).
- c) dans les travaux de fonçage des puits (en terrains perméables l'humidité des parois de l'ouvrage révèle la proximité d'un courant d'eau. L'étude de la désagrégation des roches poreuses permet souvent de tirer d'utiles conclusions quant à la localisation des fissures).
- d) dans l'établissement des pluviomètres souterrains (en terrain poreux non fissuré les forces capillaires s'opposent à l'écoulement vertical de l'eau, et le pluviomètre ne recueillera de l'eau que si l'on a soin de "couper la capillarité" en surmontant l'appareil d'une couronne de gros cailloux dont la hauteur doit être supérieure à la hauteur capillaire).
- e) dans l'empierrement des routes (les roches employées doivent être dures et poreuses).
- f) En construction où l'on doit faire appel à des roches dures et poreuses, mais peu perméables, afin d'éviter la montée de l'humidité dans les appartements (avec certaines roches, cette montée peut être de l'ordre de 9 mètres).

M. DIENERT procède actuellement à l'étude de la circulation de l'eau dans les roches et cherche à déterminer la relation qui peut exister entre le débit circulant par porosité à travers une roche et les dimensions des pores de la roche. Pour déterminer l'ordre de grandeur des pores, M. DIENERT fait appel à la capillarité et emploie un appareil analogue à celui permettant de mesurer les hauteurs capillaires : tube en S fermé à

l'extrémité inférieure par une paroi percée d'un trou capillaire, la différence de niveaux dans les branches du tube en S, soit h , mesurant la tension capillaire du liquide à la température considérée. M. DIENERT remplace la paroi capillaire par une roche, taillée de façon à permettre la confection de joints étanches. Il mesure pour chaque roche les dénivellations h , le liquide étant de l'eau, puis de l'alcool. (Pour du sable dont le grain est de 1 mm, $h = 12$ cm si le liquide employé est de l'eau).

Afin de s'assurer que h est bien une mesure de la grandeur des pores faisant attraction du liquide dans le tube en S, M. DIENERT a utilisé un deuxième appareil constitué par une série d'anneaux superposés formant colonne étanche renfermant du sable; l'anneau inférieur est plein et est percé au centre d'une ouverture obturée par du papier filtre. Un artifice simple permet de couper la colonne de sable à différentes hauteurs, de déterminer l'humidité des différentes tranches et, par suite, la hauteur de l'eau capillaire. Des mesures faites comparativement avec de l'eau et avec de l'alcool ont recoupé les résultats obtenus avec le premier appareil; h est donc bien une mesure de la grandeur des pores. Les valeurs de h , obtenues avec les différentes roches, ont été les suivantes :

Sables de Fontainebleau	95 cm		
Craie senonienne	938 cm	(correspond à des pores de	1,3)
grès rouge	150 cm		
calcaire grossier	121 cm	{	- - 13 }
calcaire de Champigny	448 cm	{	- - 3 }
marne J ³	0	(tout à fait imperméable à l'eau	et à l'air).

Certaines roches, malgré la grande taille de leurs pores, peuvent être très peu perméables à l'eau; il y a donc lieu de procéder à des mesures de perméabilité à l'eau. Le dispositif employé est à peu près analogue à celui qui a permis de déterminer la porosité : la branche ascendante du tube en S est graduée en centimètres et l'on note l'heure de passage du ménisque devant chacune des divisions; on suit ainsi la vitesse d'écoulement de l'eau à travers la roche.

La loi expérimentale dégagée de ces expériences s'exprime comme suit :

$\ln \frac{h_0}{h} + \frac{1}{10} (\sqrt{h_0} - \sqrt{h}) = Kt$, la constante K étant fonction des dimensions de l'appareil.

Les valeurs de K exprimées en unités egs sont les suivantes, pour les différentes roches expérimentées :

Craie senonienne	$0,184 \times 10^{-4}$
grès rouge	$0,611 \times 10^{-6}$
calcaire grossier	$0,386 \times 10^{-4}$
calcaire de Champigny	$0,28 \times 10^{-6}$

L'écoulement dans le calcaire grossier est donc approximativement 2 fois plus grand que dans la craie. L'écoulement dans le calcaire de Champigny est, bien que les pores soient plus gros, plus faible que dans la craie. M. DIENERT a également cherché à déterminer le nombre de pores contenus dans une roche (en mesurant la quantité d'eau que l'on peut introduire dans la dite roche : 21,59 % pour la craie, 4,57 % pour le calcaire grossier), et à la surface de la roche. Le calcul permet alors d'obtenir le débit à travers un pore de la surface:

$$i = h a^3 \sqrt[3]{\frac{ad}{br}}$$

h est le coefficient K précédemment déterminé et exprimé en unités cgs

a est la dimension d'un pore (déterminé par capillarité)

d est la hauteur de la roche (4 cm. dans l'expérience)

b est la quantité d'eau dans la roche

r est la rayon de la roche

M. DIENERT a pu ainsi établir que le débit par pores à la surface d'un bloc est proportionnel à la puissance 8 du diamètre du pore :

$$\frac{i}{i'} = k \left(\frac{a}{a'}\right)^8$$

M. DIENERT termine son exposé en signalant qu'il a simplement voulu indiquer le principe de la méthode employée dans des travaux actuellement en cours. Ceux-ci feront, lorsqu'ils seront terminés, l'objet d'une publication.

Au nom de la Section, M. GUILLERD, Vice-Président, complimente M. DIENERT et le remercie d'avoir bien voulu réserver à la Section la primeur de cette très intéressante communication.

M. GUILLERD donne la parole à M. PIOGER qui, faisant allusion à un travail sur la Force de succion des sols, paru dans les Annales de la Science Agronomique (Mars-Avril 1930), demande si, dans les expériences de M. DIENERT, les essais ont été effectués à des taux d'humidité variables, si les roches étaient tout d'abord saturées d'eau ou, au contraire, préalablement desséchées.

M. DIENERT précise que la dessiccation s'opère toute seule; l'air doit en effet être chassé des roches, afin d'éviter une résistance à l'écoulement qui viendrait fausser les mesures; pour obtenir ce résultat les roches sont placées dans l'eau et portées à l'ébullition sous vide.

M. de MARTONNE s'enquiert de la nature du calcaire grossier utilisé. M. DIENERT indique qu'il s'agit d'un calcaire à cérithes mais qu'il ne possède pas de précisions complémentaires.

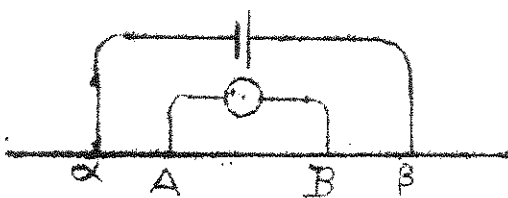
M. Jean LAURENT souligne l'intérêt que présente la mesure de la porosité lorsqu'il s'agit de réenduire les parties poreuses des barrages, une différence constatée sur la porosité des matériaux prise au laboratoire et sur le terrain, permettant de localiser les fissures.

° °

M. GUILLERD, Vice-Président, donne la parole à M. DIENERT qui fait à la Section une communication sur la possibilité d'affirmer la présence et le sens d'écoulement des eaux souterraines.

La recherche de l'eau nécessite une méthode simple et rapide; la plus indiquée est celle reposant sur la mesure de la résistivité. Le principe en est le suivant :

On envoie dans le sol en α et β un courant électrique.



En 2 points A et B, tel que $\alpha A = AB = B\beta$, on place 2 électrodes de recherche; on détermine l'intensité du courant passant dans AB et la différence de potentiel entre A et B.

De la relation : $dV = K\rho I$ on déduit la résistivité du sol : ρ . Pour étudier les variations de ρ en profondeur, on écarte α et β .

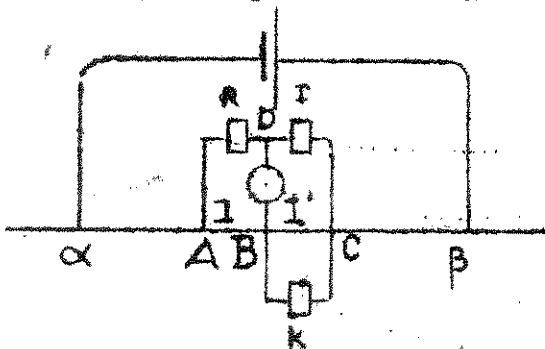
L'emploi du courant alternatif se prête mal aux prospections profondes (effet de skin); le courant continu, au contraire, pénètre facilement à de grandes profondeurs (dépassant 1000 mètres), mais les courants vagabonds, les courants telluriques, la polarisation des électrodes apportent alors des perturbations gênantes.

M. DIENERT a expérimenté une méthode différentielle dont le principe est le suivant : On emploie 3 électrodes de recherche en charbon de cornue : A, B, C (placées de telle sorte que $\alpha A = AC = C\beta$ $AB = BC$) et un dispositif de pont de Wheatstone. On fait varier les résistances R et r, de façon qu'il ne passe pas de courant dans la branche BD (un galvanomètre ou un

téléphone placé entre B et D permet d'effectuer ce réglage). On a alors la relation :

$$\frac{l}{l'} = \frac{R - R'}{r - r'}$$

Si $\frac{l}{l'} = 1$, le sol est homogène.



En employant le courant alternatif, les silences obtenus sont excellents; si, sans dérégler l'appareil on remplace le courant alternatif par du courant continu, l'expérience montre que l'influence des courants parasites est éliminée.

Afin d'augmenter la sensibilité de la méthode, M. DIENERT conseille d'introduire une résistance auxiliaire K entre B et C. La précision obtenue dans la détermination de $\frac{1}{I}$, est de l'ordre de 0,5 %.

Cette méthode donne d'excellents résultats pour les prospections peu profondes. Pour les prospections en profondeur, M. DIENERT préconise un montage différentiel à 4 câbles au lieu de 3, qu'il décrit sommairement.

Ces méthodes d'investigation mettent en évidence des différences de résistivité du sol; si l'on veut s'assurer que celles-ci sont en relation avec la présence d'eaux souterraines, il y aura lieu d'effectuer des mesures à différentes époques de l'année: l'eau étant un milieu mouvant, son niveau varie avec les saisons; ces variations seront suivies à l'aide des méthodes précédemment décrites et les résultats obtenus pourront être utilement interprétés.

On admet que la profondeur de l'eau détectée par le changement de résistivité électrique est très approximativement égale à la moitié de la distance séparant les électrodes dans lesquelles on envoie le courant; il y a toutefois lieu de tenir compte dans cette évaluation de la nature du sol: si, par exemple, la roche est poreuse, donc chargée d'humidité, la nappe semblera plus près du sol qu'elle n'est en réalité.

La pluie provoque des variations sensibles de résistance à la surface du sol, mais celles-ci s'atténuent rapidement en profondeur. L'introduction de substances chimiques (NaCl) facilite dans certains cas les travaux de prospection (recherche du cheminement d'un courant alimentant un point d'eau).

M. GUILLERD, Vice-Président, se faisant l'interprète des membres de la Section, félicite M. DIENERT et le remercie vivement.

M. BEAU souligne l'intérêt des travaux de M. DIENERT et regrette que les difficultés actuelles n'aient pas permis de procéder à des essais sur le terrain. Il serait intéressant de rechercher si ces méthodes ne pourraient pas être appliquées à la détection du pétrole.

o
o o

L'ordre du jour appelle le rapport de la Commission Scientifique de la Seine et M. le Président donne la parole à M. FROLOW, Secrétaire de cette Commission.

M. FROLOW retrace brièvement l'activité des 18 sections de la C.S.S. 17 Sections ont établi un programme de base et plusieurs ont déjà procédé à des publications.

M. FROLOW mentionne l'aide importante qu'apportera sous peu le Ministère des Communications (Le Laboratoire de Chatou pourra vraisemblablement entreprendre dès le début de l'année prochaine des expériences sur modèles réduits) et indique les appuis reçus des différents organismes officiels : Caisse de la Recherche Scientifique, Equipement National (Section de la Lutte contre le chômage), Ministère des Travaux Publics, Ministère de l'Agriculture, Ville de Paris. Un certain nombre de travailleurs ont pu être mis à la disposition de la C.S.S. mais les crédits reçus ont, malheureusement, été peu abondants, et M. FROLOW conclut en soulignant la nécessité de trouver l'appui financier indispensable au bon développement des travaux de la Commission.

M. URBAIN informe la Section du prochain retour de captivité de M. le Professeur PRENANT, Chef de rubrique à la C.S.S.

°
° °

L'ordre du jour appelle l'examen d'un projet relatif à la création éventuelle d'un Comité d'études des Fleuves Français. Le promoteur du projet, M. LUTAUD, étant absent, il est décidé de reporter la discussion sur l'opportunité de cette création à la prochaine séance qui aura lieu en Décembre.

°
° °

M. le Président donne lecture d'une lettre de M. RABOT, Vice-Président. M. RABOT estime nécessaire la présence d'un archiviste au sein de la C.S.S., celle-ci devant être amenée à consulter d'anciens documents. La suggestion de M. RABOT est retenue.

M. VIBERT, Secrétaire, informe ses collègues que la prochaine réunion de la Section d'Hydrologie Scientifique se tiendra à la Société Hydrotechnique de France; sur l'aimable proposition de M. Jean LAURENT, elle sera agréementée d'une visite des laboratoires de la Société.

Afin de permettre aux membres de la Section d'assister plus fréquemment aux réunions, celles-ci n'auront désormais plus lieu le Lundi, ce jour étant déjà retenu par de nombreuses Commissions.

La séance est levée à 18 h 45.