

ESSAI D'ANALYSE PAR GEOPHYSIQUE ELECTRIQUE THEME 3  
DE LA PERMEABILITE D'UNE CRAIE SOUMISE AUX BATTEMENTS D'UNE NAPPE

par

A. ROBERT<sup>+</sup>, B. SOURISSEAU<sup>++</sup>

+ Société lyonnaise des eaux et de l'éclairage  
++ Compagnie de Prospection géophysique française

Résumé

La comparaison des répartitions des résistivités électriques obtenues lors de deux campagnes de sondages électriques correspondant à des positions "hautes" et "basses" de la nappe, permet d'avancer un pronostic sur la perméabilité de la tranche de craie soumise aux battements. Cette recherche a été effectuée dans le cadre d'un projet réalisé par la S.L.E.E. ayant pour but d'alimenter artificiellement la craie aquifère de la vallée de la Seine à Aubergenville.

EMPLOI DES PARAMETRES DE RESISTIVITE EN GEOLOGIE :

La résistivité des sols et des roches dépend de leur nature et de leur état physique (fissuration, porosité, teneur en eau, en argile, etc...). En théorie la connaissance des répartitions des résistivités du sol permet de dresser une coupe géologique, Au sein d'un même terrain, la connaissance des résistivités amène un pronostic hydrogéologique. Dans le cas d'un sondage électrique, on fait varier la longueur de ligne d'émission de courant et l'on mesure la résistivité apparente. Le problème général, qui consiste à déduire de cette courbe, les différentes couches de terrain, en épaisseur et résistivité vraie, a été traité par l'ordinateur CDC 7600 avec le programme C.P.G.F. ELECTRA 005, KLE 1. Ce programme apporte une ou plusieurs solutions aux courbes de sondages électriques. Nous avons imposé à l'ordinateur deux contraintes de profondeur correspondant aux "hautes et basses eaux" (de la nappe). Afin d'optimiser les calculs de résistivité vraie dans cette tranche de craie, nous avons donné un poids maximum à cette portion de la courbe de sondage électrique.

EXEMPLE D'APPLICATION :

Cadre expérimental

Il s'agit d'implanter des bassins d'infiltration permettant de suralimenter la craie aquifère exploitée par la S.L.E.E. à Aubergenville. Nous avons détecté au fond d'anciennes sablières, sous une couverture alluviale peu épaisse, l'importance et l'extension de la fissuration de la craie, ainsi que la qualité des alluvions. Nous disposons pour étalonnage de puits et piézomètres dont la coupe géologique est connue.

Le terrain naturel est à la cote 27 à 30m NGF. Le toit de la craie selon les points se situe entre 20 et 24m NGF, soit 6 à 10 mètres d'épaisseur d'alluvions. Le fond des sablières est à environ 20m NGF. Le toit de la nappe se situait entre 7,50 et 9m NGF en décembre 1976 et entre 12,50 et 13m NGF en février 1978.

En 1976, une première prospection a permis de retenir, à l'intérieur des sablières deux secteurs favorables pour l'alimentation artificielle.

En 1977, la S.L.E.E. a expérimenté ces deux secteurs, montrant un très grand pouvoir infiltrant. En même temps l'observation des pompages d'exploitation a indiqué, que la transmissivité hydraulique de la craie, noyée du fait de la remontée de la nappe était quatre fois supérieure à celle de l'ancienne craie sous nappe. Dès lors, nous avons cherché à établir une relation entre la perméabilité de cette tranche de craie et sa résistivité électrique. Pour ce faire, nous avons mis à profit une remontée générale de la nappe de 3,8 à 5 mètres entre décembre 1976 et février 1978.

RESULTATS :

La résistivité de l'eau d'imbibition de la craie est de l'ordre de 15  $\Omega m$ .

Point A2 - fig. 1

| Profondeur     | 0 à 1,8       | 1,8 à 4        | 4 à 7         | 7 à 10,2       | n.s.  | 10,2 à 14,1    | 14,1 à 34     | 34m            |
|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------|-------|----------------|---------------|----------------|
| 1976           | 30 $\Omega m$ | 240 $\Omega m$ | 40 $\Omega m$ | 130 $\Omega m$ | 14,10 | 140 $\Omega m$ | 90 $\Omega m$ | 150 $\Omega m$ |
| 1978           | 60 $\Omega m$ | 300 $\Omega m$ | 85 $\Omega m$ | 90 $\Omega m$  | 10,20 | 70 $\Omega m$  | 90 $\Omega m$ | 150 $\Omega m$ |
| Interprétation | limon         | sable          | craie alt.    | craie h.nappe  | N.S.  | craie à bat.   | craie s.nappe | craie prof.    |

Les modifications de valeur de résistivité des couches de surface illustrent les variations de teneur en eau du sol, en milieu non saturé.

- la craie hors nappe passe de 130 à 90  $\Omega m$  par des phénomènes que l'on peut attribuer à des remontées capillaires en milieu poreux.
- la craie soumise aux battements peut passer de la résistivité de 140 à 70  $\Omega m$  par remplissage en eau de fissures ouvertes non saturées en 1976.

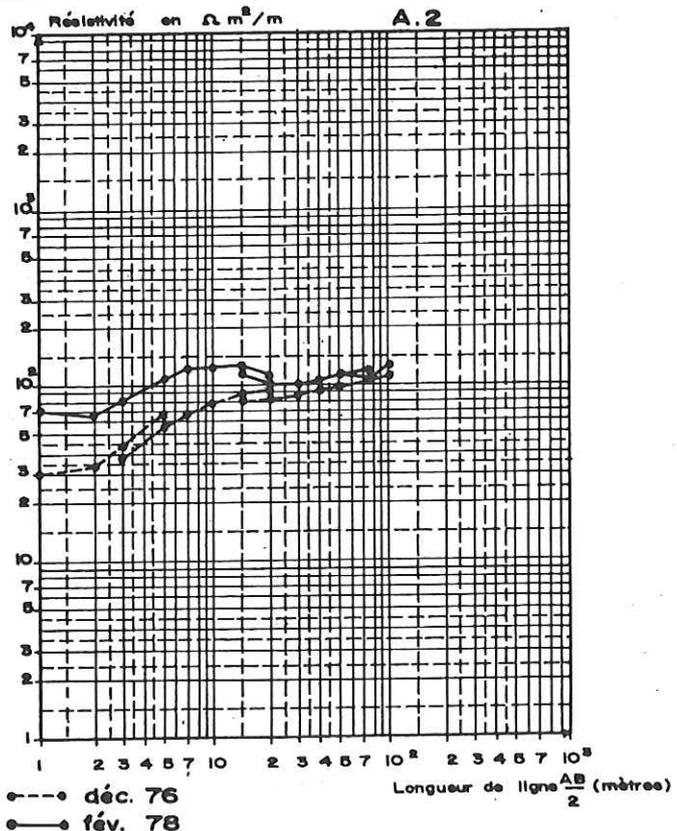


Fig.n° 1

Point A7 -

| Profondeur     | 0 à 0,8      | 0,8 à 6,5  | 6,5 à 9,2     | n.s. | 9,2 à 13,9   | 13,9 à 25     | 25 m           |
|----------------|--------------|------------|---------------|------|--------------|---------------|----------------|
| 1976           | 380 Ωm       | 175 Ωm     | 102 Ωm        | 13,9 | 90 Ωm        | 80 Ωm         | 130 Ωm         |
| 1978           | 360 Ωm       | 180 Ωm     | 80 Ωm         | 9,2  | 75 Ωm        | 80 Ωm         | 130 Ωm         |
| Interprétation | sable limon. | craie alt. | craie h.nappe | N.S. | craie à bat. | craie s.nappe | craie profonde |

Au point A7, figure n° 2, la résistivité de la craie hors nappe passe de 102 à 80 Ωm, ce qui peut correspondre à une craie poreuse quelque peu fissurée. La résistivité de la craie soumise aux battements de la nappe passe de 90 Ωm à 75 Ωm lorsqu'elle devient saturée en eau. Cette baisse peu importante de la résistivité laisse préjuger d'une fissuration moyenne de la roche.

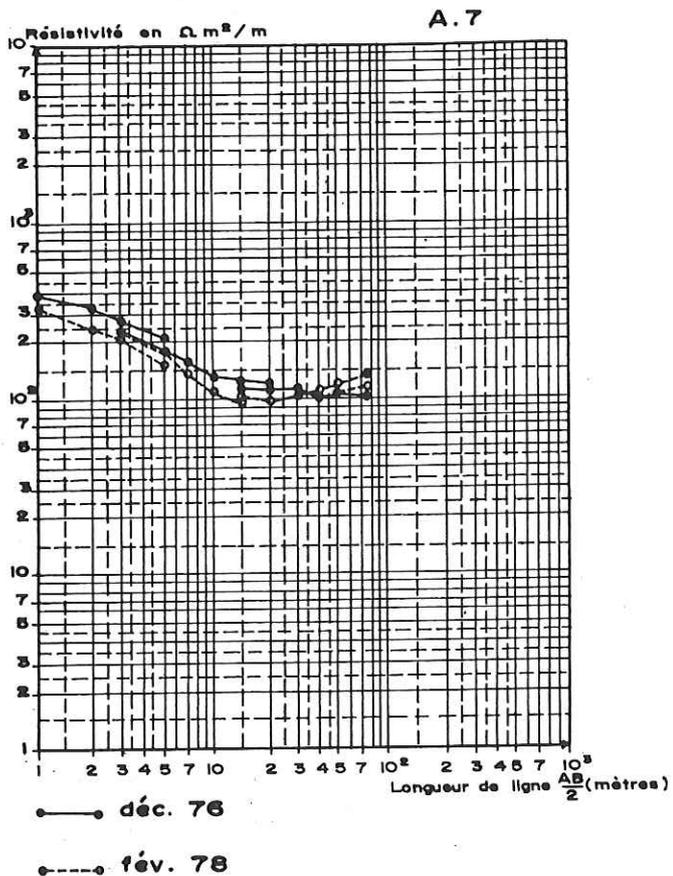


Fig. n° 2

La résistivité de la craie hors nappe de 165 Ωm en 1976, affiche 80 Ωm en milieu saturé (1978). Ceci permet de prévoir une importante fissuration de la roche

Point A 10

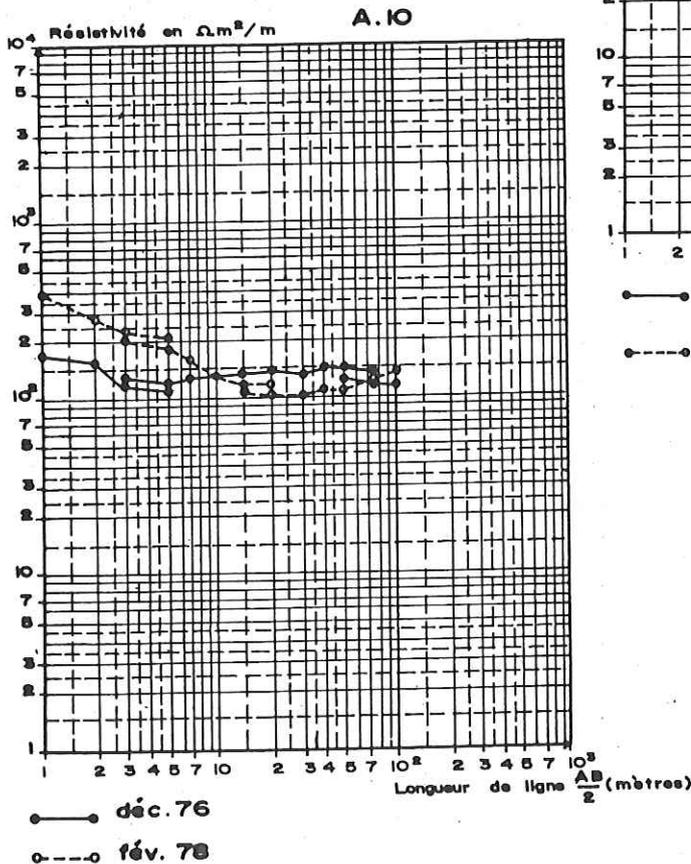


Fig. n° 3

| Profondeur | 0 à 1  | 1 à 3      | 3 à 6,5       | N.S.  | 6,5 à 13,9   | 13,9 à 20 m   | 20m         |
|------------|--------|------------|---------------|-------|--------------|---------------|-------------|
| 1976       | 180 Ωm | 85 Ωm      | 190 Ωm        | 6,5   | 165 Ωm       | 110 Ωm        | 160 Ωm      |
| 1978       | 450 Ωm | 85 Ωm      | 170 Ωm        | 13,90 | 80 Ωm        | 110 Ωm        | 160 Ωm      |
| Interprét. | sable  | craie alt. | craie h.nappe | N.S.  | craie à bat. | craie s.nappe | craie prof. |

Point A 17 -

La figure n° 4 indique peu de modifications des répartitions des résistivités électriques en ce point.

La roche sous nappe est probablement poreuse et relativement peu fissurée.

La résistivité assez élevée de la craie hors nappe, illustre vraisemblablement une fissuration élevée masquant d'éventuelles remontées capillaires.

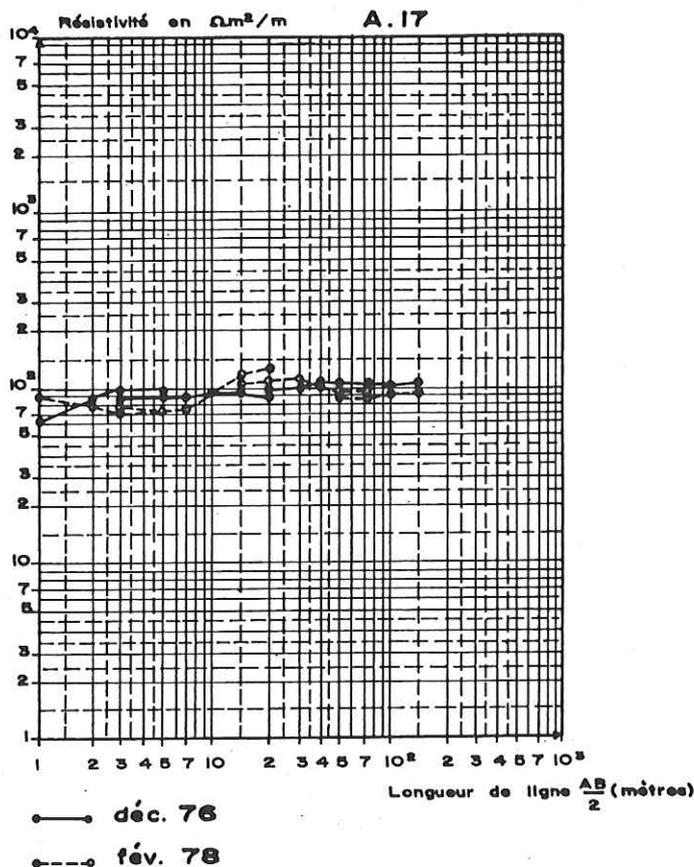
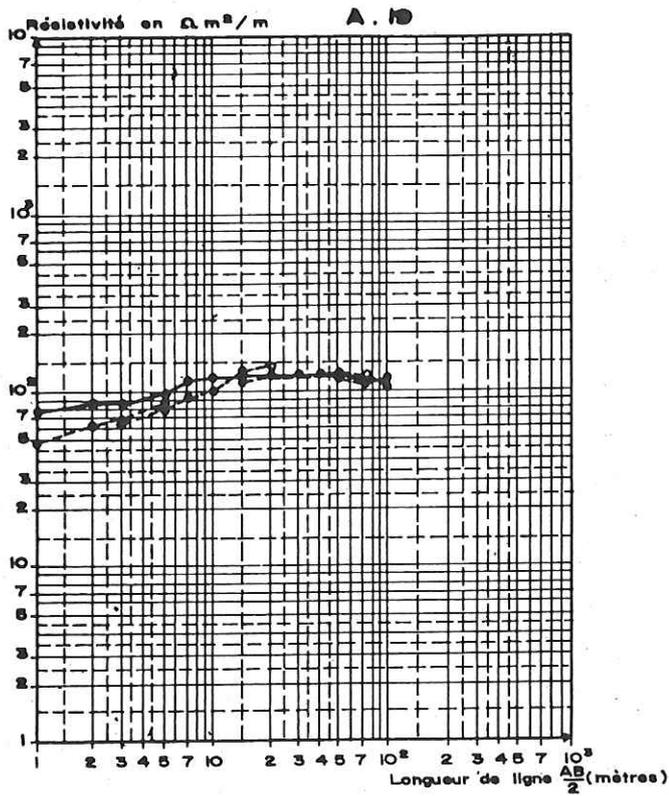


Fig. n° 4

| Profondeur | 0 à 1,5 | 1,5 à 4         | 4 à 6,3       | N.S. | 6,3 à 10,6   | 10,6 à 45     | 45m         |
|------------|---------|-----------------|---------------|------|--------------|---------------|-------------|
| 1976       | 90 Ωm   | 50 Ωm           | 250 Ωm        | 10,6 | 85 Ωm        | 100 Ωm        | 135 Ωm      |
| 1978       | 90 Ωm   | 50 Ωm           | 260 Ωm        | 6,3  | 80 Ωm        | 100 Ωm        | 135 Ωm      |
| Interpret. | limon   | craie très alt. | craie h.nappe | N.S. | craie à bat. | craie s.nappe | craie prof. |

Points A19 et A22 -

Les figures 5 et 6 indiquent peu ou pas de modification des valeurs de résistivités de la craie hors et sous nappe. On peut donc pronostiquer qu'au droit de ces deux points la roche est compacte.



—●— déc. 76  
- - -○- - fév. 78

Fig. n° 5

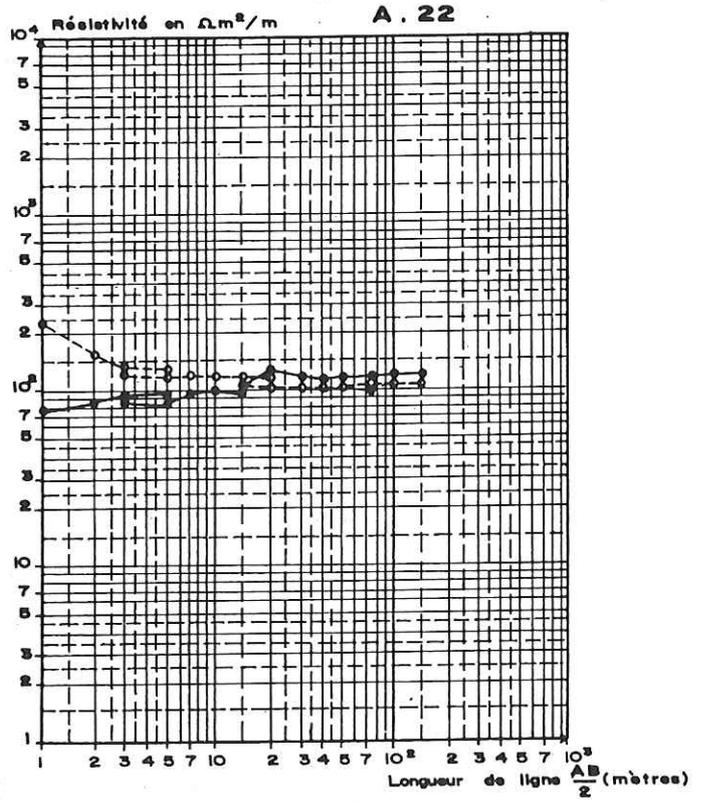


Fig. n° 6

Point A 19 -

| Profondeur | 0 à 1,5 | 1,5 à 2,5     | 2,5 à 8,7      | N.S.  | 8,7 à 13     | Au-delà de 13 m |
|------------|---------|---------------|----------------|-------|--------------|-----------------|
| 1976       | 150 Ωm  | 40 Ωm         | 180 Ωm         | 13,00 | 115 Ωm       | 105 Ωm          |
| 1978       | 115 Ωm  | 30 Ωm         | 200 Ωm         | 8,7   | 115 Ωm       | 105 Ωm          |
| Interprét. | limon   | craie altérée | craie h. nappe | N.S.  | craie à bat. | craie s. nappe  |

Point A 22 -

| Profondeur | 0 à 1,6              | 1,6 à 4       | 4 à 6,55         | N.S. | 6,55 à 11,4  | 11,4 à 40m       | 40m         |
|------------|----------------------|---------------|------------------|------|--------------|------------------|-------------|
| 1976       | 140 Ωm               | 60 Ωm         | 165 Ωm           | 11,4 | 140 Ωm       | 110 Ωm           | 125 Ωm      |
| 1978       | 320 Ωm               | 70 Ωm         | 165 Ωm           | 6,55 | 120 Ωm       | 110 Ωm           | 125 Ωm      |
| Interprét. | limon décapé (sable) | craie altérée | craie hors nappe | N.S. | craie à bat. | craie sous nappe | craie prof. |

ESSAI D'ETALONNAGE DES MESURES :

Les nombreux puits ou forages ont servi d'étalonnage aux mesures et à leur interprétation. La résistivité de la craie fissurée perméable est égale ou inférieure à 90 Ωm en décembre 1976.

Les essais réalisés en 1978 sur le puits B1 ont permis de nouvelles corrélations.

| Profondeur | 0 - 2m         | 2 - 6m          | 6 à n.s.      | n.s.   | n.s à 40m     | 40m            |
|------------|----------------|-----------------|---------------|--------|---------------|----------------|
| 1976       | 205 Ωm         | 50 Ωm           | 200 Ωm        | 23,50m | 90 Ωm         | 150 Ωm         |
| 1978       | 320 Ωm         | 70 Ωm           | 170 Ωm        | 18,40  | 80 Ωm         |                |
| Interprét. | sable limoneux | sable très arg. | craie h.nappe | N.S.   | craie s.nappe | craie profonde |

L'ordinateur n'accepte pas la simulation d'une nouvelle couche entre l'ancienne et la nouvelle position du toit de la nappe. Il calcule une nouvelle résistivité de la craie sous nappe qui passe de 90 à 80 Ωm

Les pompages ont indiqué pour la craie sous nappe :

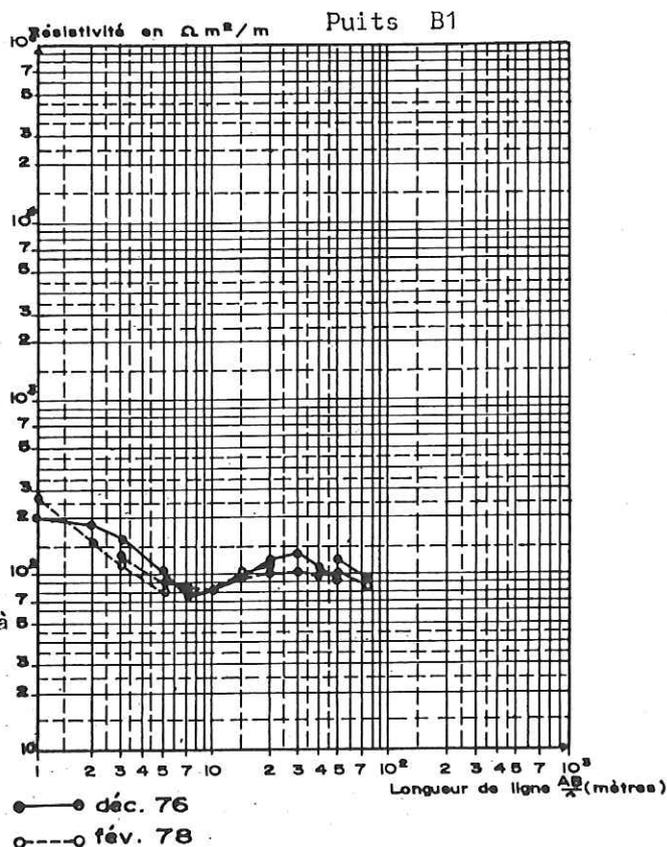
• de 23,50m à 30 m :  
 $\rho_1 = 90 \Omega m$  et  $K_1 = 2,3 \cdot 10^{-3} m/s$

• de 18,40 à 23,50m :  
 $\rho_2 = ?$  et  $K_2 = 1,2 \cdot 10^{-2} m/s$

pour 11 mètres d'aquifère :  $\rho_a = 80 \Omega m$

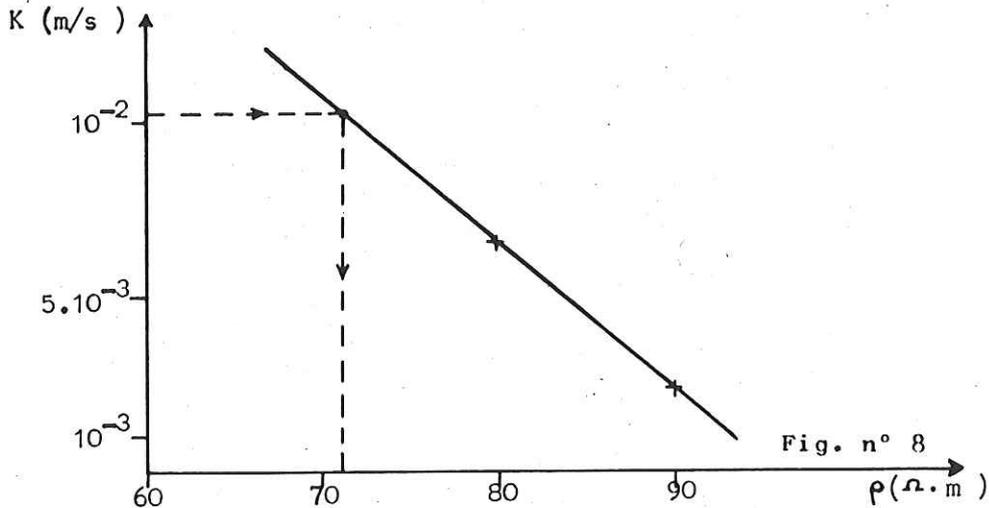
la perméabilité équivalente est égale à  
 $K_a = 6,5 \cdot 10^{-3} m/s$ .

Fig. n° 7



Le graphique de la figure n° 8 permet de calculer la résistivité  $\rho_2$  de la nouvelle tranche de craie mouillée  $\rho_2 = 71 \Omega m$ .

Il semble donc qu'à AUBERGENVILLE une craie à  $70 \Omega m$  représente une roche très fissurée et très perméable.



CONCLUSIONS :

Il est encore beaucoup trop tôt, (c'est la seule expérience sur le terrain dont nous disposons), pour juger avec certitude de la validité pratique des résultats présentés.

Nous déduirons 3 types de comportement de la craie mise en saturation :

- \* craie restant conductrice : roche poreuse, non fissurée.
- \* craie initialement résistante devenue conductrice : roche très fissurée.
- \* craie demeurant résistante : roche compacte.

Etant donné la précision des mesures sur le terrain et celle de la solution des problèmes de sondages électriques suivant les principes d'équivalence, il apparaît de très importantes limites d'application.

Cette étude devra ouvrir la voie à de nouvelles directions de recherches. La validité de la méthode devra être testée sur de nouveaux sites.

A AUBERGENVILLE, elle a permis de localiser une tranche de craie très perméable qui pourra être mise à profit par la S.L.E.E., pour optimiser les rendements des bassins d'alimentation artificielle.

BIBLIOGRAPHIE :

- 1) La prospection électrique appliquée aux problèmes des Ponts et Chaussées, Bull. Liaison Labo. rotiers P. et Ch., n° spécial 1, juil. 1967, p. 131-132.
- 2) DUPRAT A., GOLE F. et ROCROI J.-P., Exemples d'application de traitements automatiques à l'interprétation des sondages électriques, Geophysical Prospecting, vol. 21, 3, sept. 1973.
- 3) J. LAKSHMANAN, Y. BERTRAND, M. BICHARA, Interprétation automatique des sondages électriques. Bull. Liaison Labo. P. et Ch. - 71 - mai-juin 1974 Ref. 1449.
- 4) M. BICHARA et J. LAKSHMANAN - Fast automatic processing of resistivity soundings. Geophysical prospecting. Volume XXIV, n° 2, 1976.
- 5) C.P.G.F. n° 1596 - Prospection électrique de la Sablière Michard à Aubergenville - Décembre 1976.