



BRGM

BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES ET MINIERES
Direction Scientifique
Département Géophysique

UNION GENERALE DES PETROLES

ETUDE PAR PROSPECTION ELECTRIQUE
DANS LA REGION DE NANGIS (Seine et Marne)

par

B. STANUDIN

DS.65.A40

le, 13 Avril 1965

ETUDE PAR PROSPECTION ELECTRIQUE
DANS LA REGION DE NANGIS (S.etM.)

AVANT-PROPOS

A la demande de l'Union Générale des Pétroles (U.G.P.), le Département Géophysique du B.R.G.M. a effectué une prospection électrique sur l'emplacement de la future raffinerie d'Ile de France dans la région de Nangis (S. & M.).

L'Union Générale des Pétroles ayant décidé la mise en place d'une raffinerie dans la région de Nangis, l'administration a donné son accord, à condition que le risque de pollution des eaux souterraines soit totalement éliminé. A cet effet l'U.G.P. a envisagé de réaliser un écran au moyen d'un mur souterrain sur le périmètre de la raffinerie pour isoler la nappe superficielle.

Le but de la campagne géophysique était de reconnaître l'existence et la répartition de calcaires plus ou moins silicifiés, dans la formation de Brie, laquelle est constituée d'argiles à blocs de meulière, de calcaires marneux et de calcaires silicifiés (durs).

Cette reconnaissance devrait permettre de situer le tracé du mur souterrain, de façon à éviter, dans la mesure du possible, la traversée des calcaires durs.

Les travaux sur le terrain, conduits par un ingénieur

géophysicien assisté d'un prospecteur opérateur et d'un topographe, ont duré 32 jours (du 19 Février au 13 Mars et du 22 Mars au 30 Mars) et l'étude comporte :

- 145 sondages électriques (SE) en $\frac{AB}{2}$ de 20 à 100 mètres, dont 10 destinés à l'étalonnage, sur des forages mécaniques.

- 3320 mesures de résistivité , soit 16,6 km de profil.

L'étude géophysique a permis de mettre en évidence un certain nombre de zones résistantes (calcaires durs) et de localiser dans ces zones, des passages relativement plus conducteurs correspondant vraisemblablement aux calcaires plus altérés.

Le présent rapport rend compte des travaux effectués et des résultats obtenus.

I. SITUATION ET APERÇU GEOLOGIQUE

Le secteur prospecté est situé à 5 km au Nord-Ouest de Nangis et limité au Nord, par la ligne de chemin de fer Paris-Bâle et au Sud, par la route nationale 19.

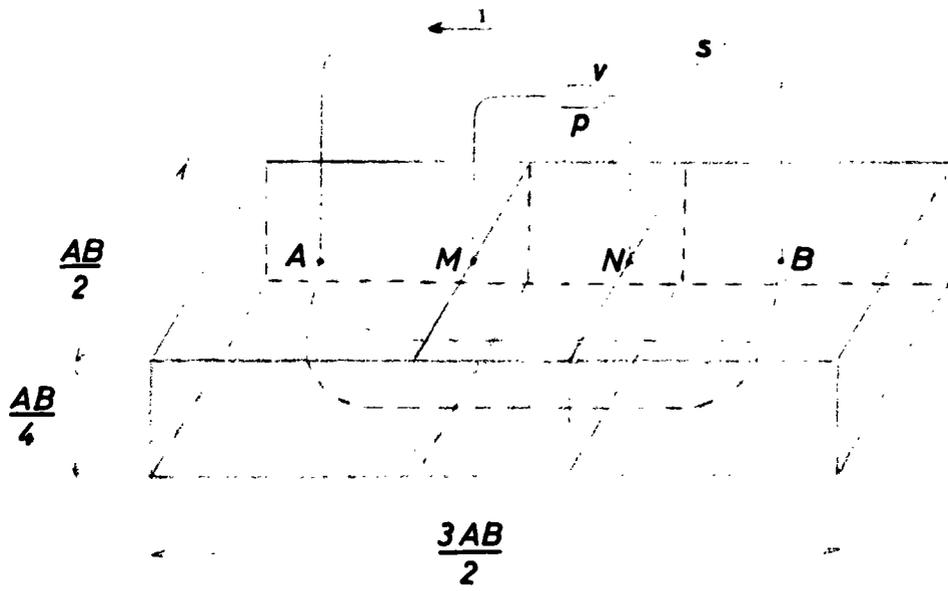
Dans le périmètre de la future raffinerie, un certain nombre de forages ont été exécutés récemment dans le but de reconnaître le terrain et les nappes :

- superficielle, dans les formations de Brie et de Pantin
- profonde, dans les calcaires de Champigny

Ces sondages ont traversé à partir de la surface :

- terre et limons de 2 à 4 mètres d'épaisseur
- formation de Brie, hétérogène, composée d'argiles à blocs de meulière, de calcaires compacts et de calcaires marneux d'une épaisseur de 0 à 7,5 m.
- après cette zone hétérogène, les sondages sont rentrés dans les Marnes Vertes dont l'épaisseur est de 10 à 14 mètres.

Les forages ont donc montré, dans le périmètre de la raffinerie, l'existence des Marnes Vertes, d'une façon continue, à une profondeur de 3 à 9 mètres présentant un ensemble : imperméable d'une épaisseur de 10 à 14 mètres protégeant totalement la nappe profonde de calcaire de Champigny la protection verticale étant ainsi assurée par les marnes, il restait à exécuter des travaux de protection pour éviter les pollutions latérales dans la nappe superficielle.



II. PROBLEME POSE

Le problème posé à la géophysique était d'effectuer des mesures électriques le long du tracé approximatif du mur d'enceinte de la raffinerie, dans le but de reconnaître l'existence, la répartition et, éventuellement, l'épaisseur de calcaires siliceux (durs).

Cette étude devrait permettre de situer au mieux le tracé en évitant, autant que possible, les traversées des calcaires durs qui présentent une gêne considérable pour l'exécution du mur souterrain.

III. METHODE UTILISEE

Rappelons brièvement le principe de la méthode électrique mise en oeuvre.

La prospection électrique du sous-sol est basée sur la mesure de la résistance opposée par le terrain au passage du courant électrique. On envoie dans le sol un courant d'intensité I par les électrodes A et B (électrodes d'envoi du courant). On mesure la différence de potentiel ΔV entre les électrodes M et N (électrodes de mesure).

L'expérience montre que la presque totalité des filets de courant est localisée dans le parallélépipède de dimensions :

$$\frac{3}{2} AB \times \frac{AB}{2} \times \frac{AB}{4}$$

(voir figure ci-contre)

Si le sous-sol était homogène, la mesure de ΔV , I et les dimensions du quadripole AMNB nous donneraient la résistivité du terrain compris dans le parallélépipède, hachuré sur la figure, qui est intéressé par la mesure ; soit $MN \times \frac{AB}{2} \times \frac{AB}{4}$

Comme le terrain n'est pas homogène, lorsque la profondeur d'investigation augmente, nous obtenons une résistivité apparente qui est fonction de la répartition des résistivités des terrains compris dans le parallélépipède.

Le sondage électrique (SE)

Si nous écartons progressivement les électrodes A et B, la profondeur d'investigation augmente. On mesure ainsi la résistivité apparente d'un volume de profondeur croissante. Ce procédé permet, en comparant la courbe des résistivités apparentes mesurées en fonction de la profondeur à des courbes calculées, d'obtenir une coupe dont la précision dépend du contraste des résistivités. Il convient de noter que l'on mesure non pas la résistivité des terrains à une profondeur déterminée, mais la résistivité apparente d'une tranche de terrain depuis la surface jusqu'à une certaine profondeur. Il est donc nécessaire pour l'interprétation des sondages électriques, d'utiliser des abaques calculés à partir de dispositions théoriques de terrain. Cette circonstance limite également la sélectivité de la méthode. On conçoit qu'une couche mince intercalée dans une couche beaucoup plus épaisse de résistivité différente passera inaperçue.

Le profil de résistivité

Les sondages électriques présentent des diagrammes différents suivant la nature des terrains rencontrés. En choisissant une longueur de ligne AB pour laquelle la différence est caractéristique et en déplaçant le long de profils, ce dispositif de longueur constante, on

peut cartographier les limites des formations ou compartiments géologiques (contacts, failles, cassures). Il en résulte une carte de résistivité qui constitue un écorché géologique à une profondeur liée aux dimensions du dispositif.

IV. MESURES

Tout d'abord un certain nombre de sondages électriques d'étalonnage ont été effectués sur des forages existants dans le périmètre étudié, avec des longueurs de lignes d'envoi de courant allant jusqu'à 200 mètres.

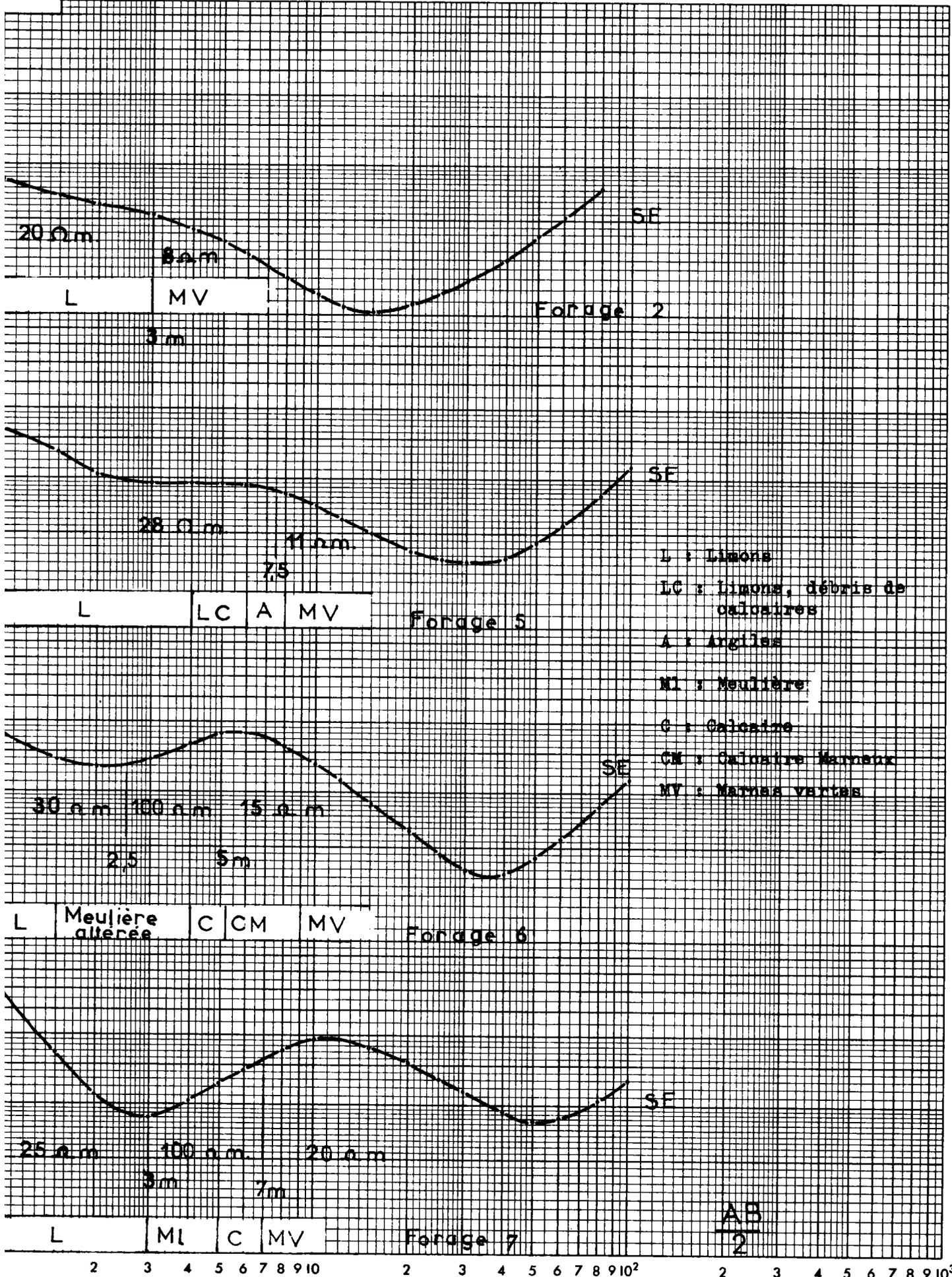
Ces sondages électriques nous ont servi, d'une part à déterminer la résistivité des différentes formations et d'autre part à définir la profondeur d'investigation (longueur de la ligne AB) dans les profils de résistivité.

A la suite des résultats de l'étalonnage, dans les secteurs Est, Nord et Sud où la profondeur des Marnes Vertes est de 5 à 9 mètres, les profils ont été mesurés au moyen d'un dispositif d'envoi de courant de 15 m et à l'Ouest où les marnes sont moins profondes (3 à 7m) les profils ont été mesurés par un dispositif de 10 m.

V. RESULTATS OBTENUS

- 1) Sondages électriques
- a) Sondages électriques d'étalonnage

Les sondages électriques paramétriques ont fourni deux types de diagrammes :



AB
2

- l'un correspondant aux forages sans présence de calcaires
- l'autre correspondant aux forages avec présence de calcaires

Sondages sans calcaires (Fig. 1, F₂ et F₅)

Les diagrammes des sondages électriques effectués sur les forages sans présence de calcaires nous conduisent à l'interprétation suivante :

- en surface, terre végétale d'une épaisseur inférieure à un mètre et de résistivité variable de 20 à 70 Ω m
- en-dessous, un niveau relativement conducteur (20-30 Ω m) d'une épaisseur variable de 2 à 9m. Ce niveau correspond aux limons et aux argiles ainsi qu'aux calcaires marneux.

Le faible contraste de résistivité entre les limons et les faciès argileux ou marneux de la formation de Brie ne permet pas de les différencier.

- ensuite, un niveau plus conducteur, dont la résistivité est de 8 à 20 Ω m, qui se traduit sur les diagrammes par une baisse de résistivité, correspondant aux Marnes Vertes.

Sondages avec calcaires (Fig. 1, F₆ et F₇)

Les sondages électriques exécutés sur les forages en présence de calcaires, ont fourni des diagrammes que l'on peut interpréter de la façon suivante :

- en surface, sous la terre végétale, un niveau de 20 à 30 Ω m correspondant aux limons et aux calcaires altérés.

- en-dessous, un niveau plus résistant, qui se traduit par une remontée sur les diagrammes et dont la résistivité est de 50 à 180 Ωm , doit correspondre aux calcaires de Brie.
- enfin, sous ce niveau, les diagrammes prennent la même allure que dans le premier groupe, exprimant d'abord les Marnes Vertes par une descente et ensuite, à la fin des diagrammes, le calcaire de Champigny par une remontée.

Les sondages électriques du premier groupe (sans calcaires) permettent de déterminer la profondeur des marnes avec une précision relativement favorable.

Par contre, dans le deuxième groupe (avec calcaires) la détermination de la profondeur des marnes ainsi que l'épaisseur du calcaire est plus difficile et, par conséquent, moins exacte.

En ce qui concerne, la profondeur des marnes, elle peut être déterminée assez précisément, lorsque le calcaire sain repose directement sur ces dernières ; mais s'il existe une couche marneuse ou argileuse entre ces deux formations, la profondeur des marnes sera sous-estimée, car la couche marneuse se confondra avec les marnes.

On peut en voir l'exemple sur le forage 6 (Fig. 1), où, entre les marnes et le calcaire se trouve une couche de calcaire marneux qui se confond électriquement avec les marnes, ce qui a pour conséquence d'interpréter la profondeur de ces dernières à 5 mètres au lieu de 9 mètres.

La détermination de l'épaisseur du calcaire est également difficile et sa précision dépendra du contraste des résistivités entre les limons et les calcaires lorsqu'ils sont altérés.

b) Sondages électriques de prospection

Ces sondages ont été effectués le long des profils sur les différents paliers de résistivités pour tenter de préciser la présence du calcaire et de déterminer sa nature.

On remarque qu'au Sud-Est de la zone prospectée, les marnes remontent assez près du sol, à une profondeur de 3 mètres environ ; par contre, au Nord et au Sud-Est, elles descendent à une profondeur de 7 à 8 mètres environ.

2) Profils de résistivité

Les résultats des profils de résistivité sont reportés sous forme de carte de résistivité sur le plan au 1/2.000e.

L'étude de profils de résistivité combinée avec celle des sondages électriques nous a permis de donner une interprétation que l'on peut résumer comme suit :

- zones de résistivité inférieure à $25 \Omega \text{m}$: sans calcaire
- zones de résistivité de 25 à $30 \Omega \text{m}$: présence de calcaire possible
- zones de résistivité supérieure à $30 \Omega \text{m}$: présence de calcaire très certaine.

3) Etude de détail

A l'emplacement prévu pour l'installation des réservoirs, dans un rectangle de 120 à 240 mètres, des sondages électriques (voir annexe n° 1) ont été effectués en mailles de 30 mètres afin de déterminer la profondeur des Marnes Vertes et l'épaisseur du calcaire.

Les résultats ont été représentés au 1/2.000e, en annexe, sous forme de :

- cartes de résistivité : AB = 20 m (annexe n° 2) et AB = 10 m (annexe n° 3)
- cartes des isopaques : épaisseur interprétée du calcaire dur (annexe n° 4)
- cartes des isobathes : profondeur interprétée des Marnes Vertes (annexe n° 5)
- coupes interprétatives (annexe n° 6)

Les cartes de résistivité montrent une plage résistante qui s'étend dans le sens NE-SW.

Cette plage correspond, d'après la carte des isopaques, à la zone où les calcaires sont les plus épais.

La carte des isopaques ainsi que les coupes interprétatives montrent une diminution de l'épaisseur du calcaire de l'Est vers l'Ouest.

Il s'agit ici très vraisemblablement d'une couche argileuse de la formation de Brie, située entre le calcaire et les marnes, qui se confond électriquement avec ces dernières et fait qu'on sous-estime leur profondeur (comme nous l'avons déjà vu à l'étalonnage).

A l'est des stations 5 des profils B,C,D et E et de la station 7 du profil A, la profondeur des marnes semble être réelle.

CONCLUSION

L'étude géophysique effectuée dans le périmètre de la future raffinerie près de Nangis a permis de mettre en évidence des zones résistantes (calcaire) et zones conductrices (sans calcaire).

Dans les premières (résistantes), l'étude de complément nous a conduit à localiser des passages conducteurs et relativement plus conducteurs, ces derniers correspondant vraisemblablement aux calcaires plus altérés.

Ces passages pourraient éventuellement être utilisés au tracé du mur, à condition toutefois que le coût de l'exécution soit équivalent.

Cependant, il serait souhaitable d'exécuter un certain nombre de sondages de petit diamètre sur les différents paliers de résistivité, afin d'étalonner les mesures géophysiques.

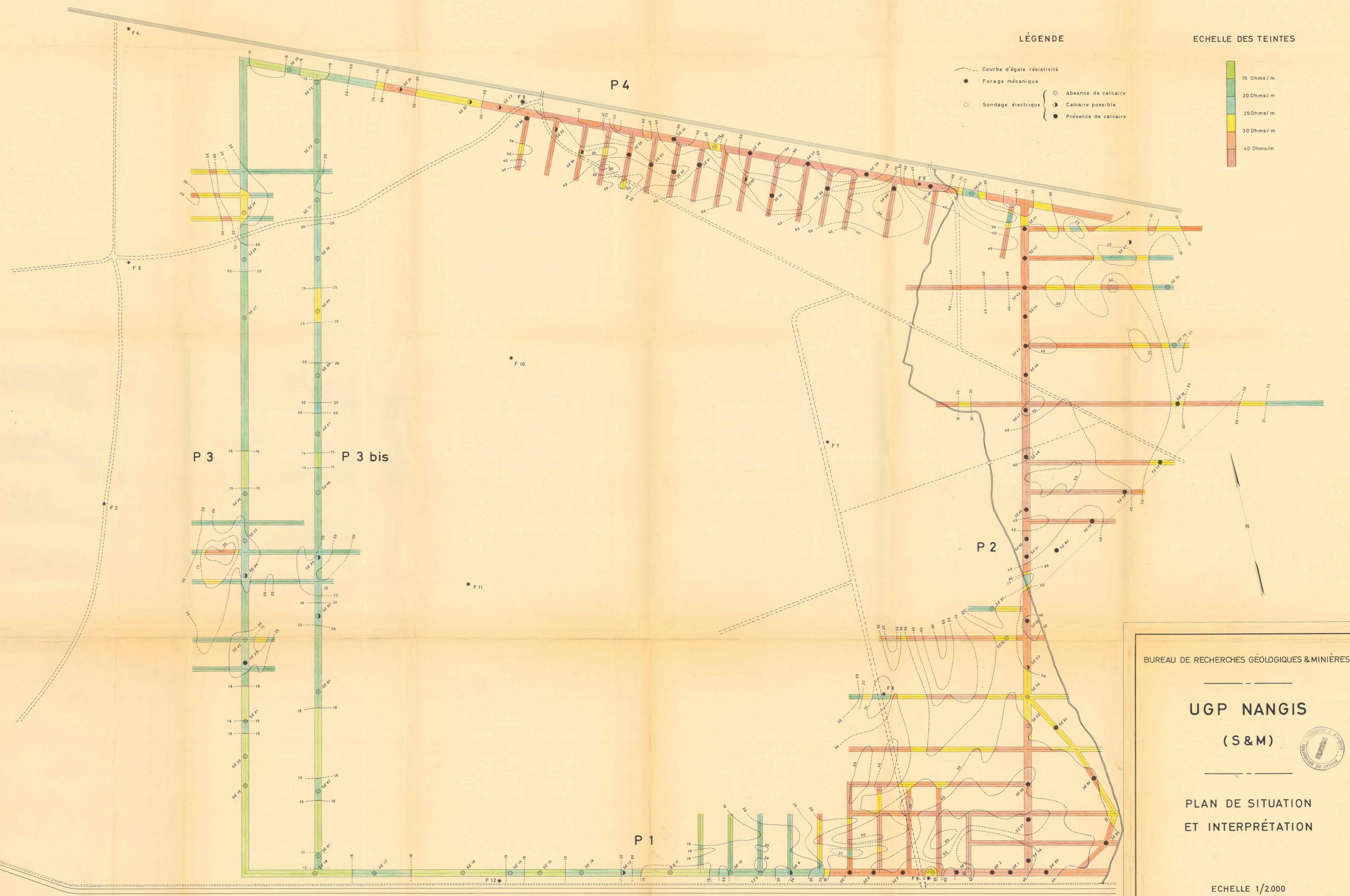
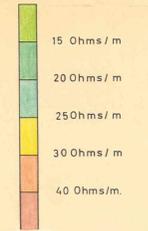
Le 13 Avril 1965

B. STANUDIN

LÉGENDE

ECHELLE DES TEINTES

- - - Courbe d'égale résistivité
- Forage mécanique
- Sondage électrique
- Absence de calcaire
- ⊙ Calcaire possible
- Présence de calcaire



BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES & MINIÈRES

UGP NANGIS
(S & M)



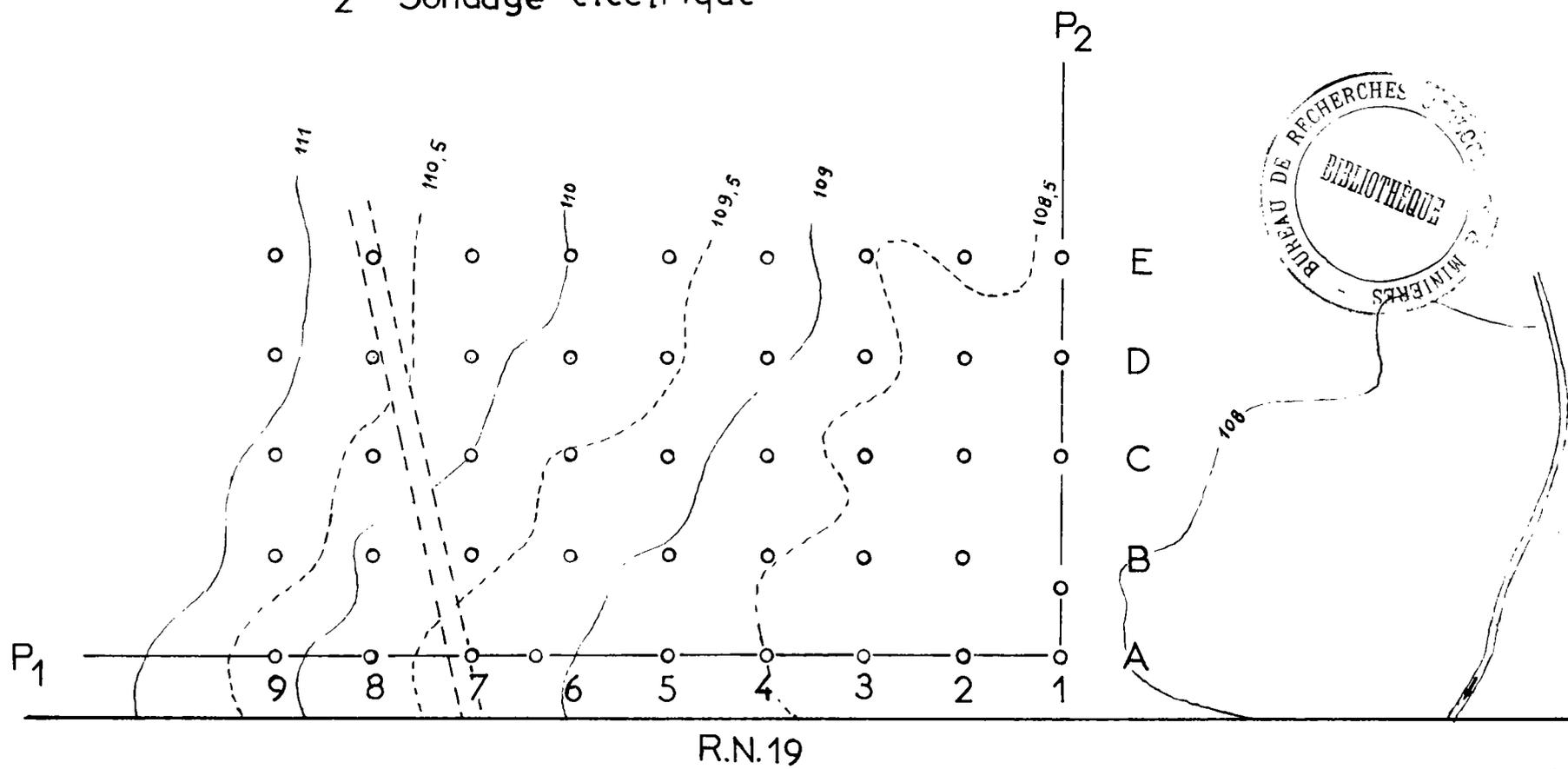
PLAN DE SITUATION
ET INTERPRÉTATION

ECHELLE 1/2,000

PLAN DE SITUATION

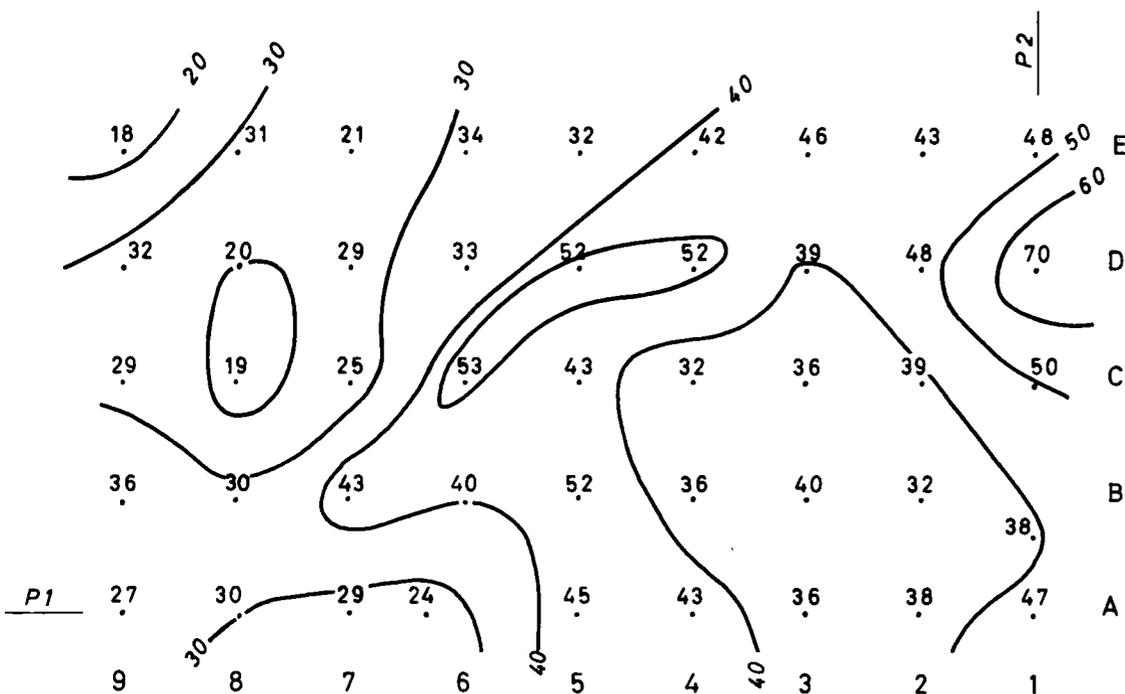
Détail

- o D Profil
- 2 Sondage électrique

Echelle 1/2000^e

CARTE DE RÉSISTIVITÉ

AB = 20 m.
MN = 0,5



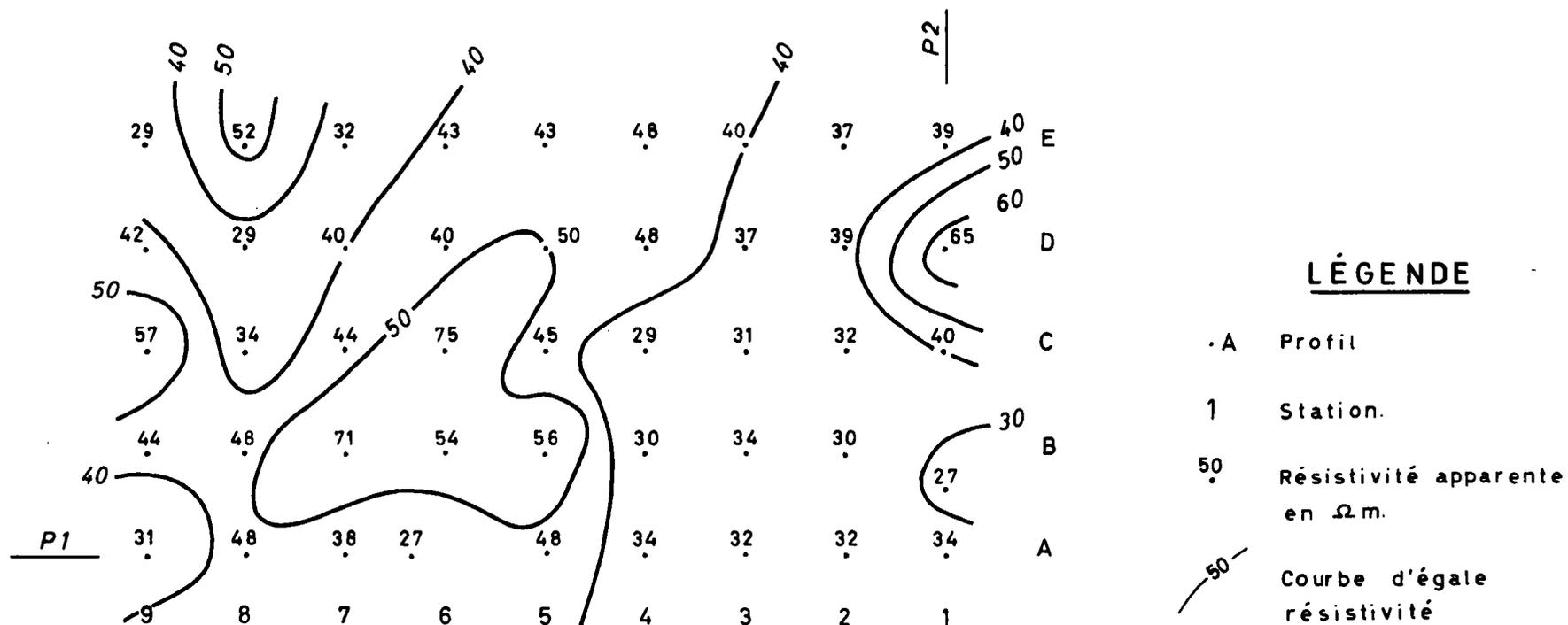
LÉGENDE

- A Profil
- 1 Station.
- 40 Resistivite apparente en Ω .
- 30 Courbe d'égale résistivité.

ECHELLE : 1/2000

CARTE DE RÉSISTIVITÉ

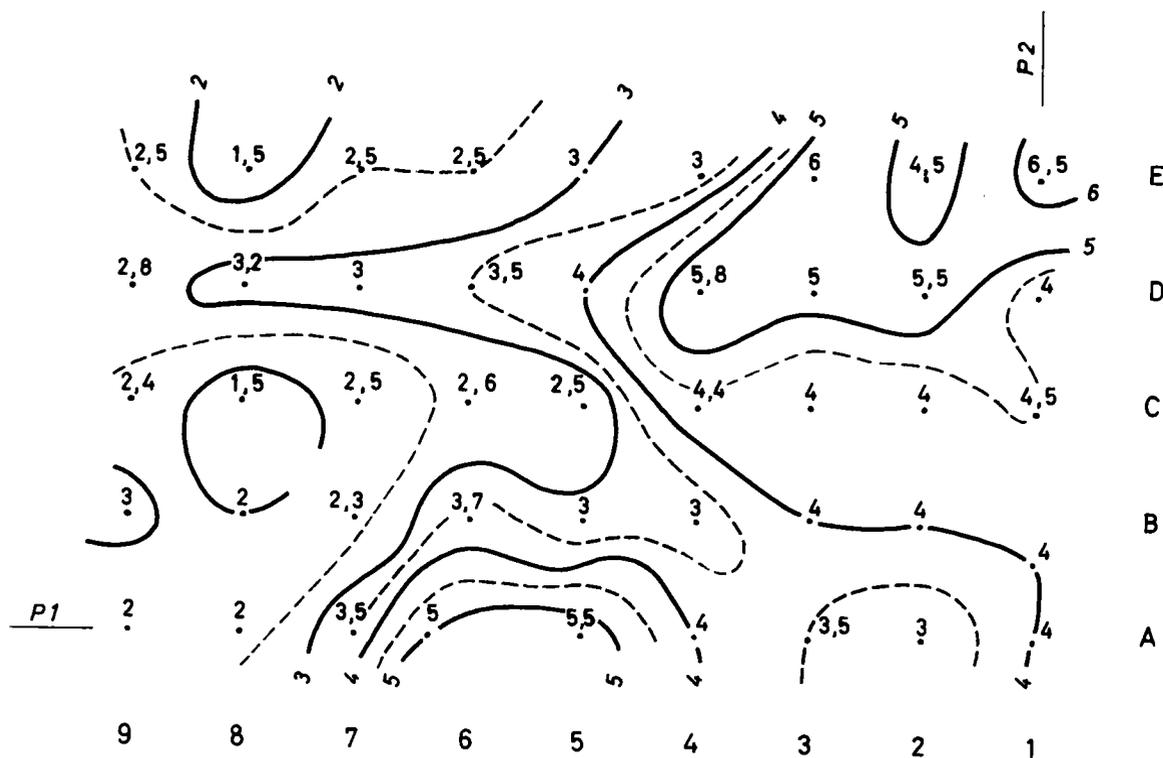
AB = 10 m.
MN = 0,5



ECHELLE : 1/2000



CARTE DES ISOPAQUES DE LA FORMATION DE BRIE



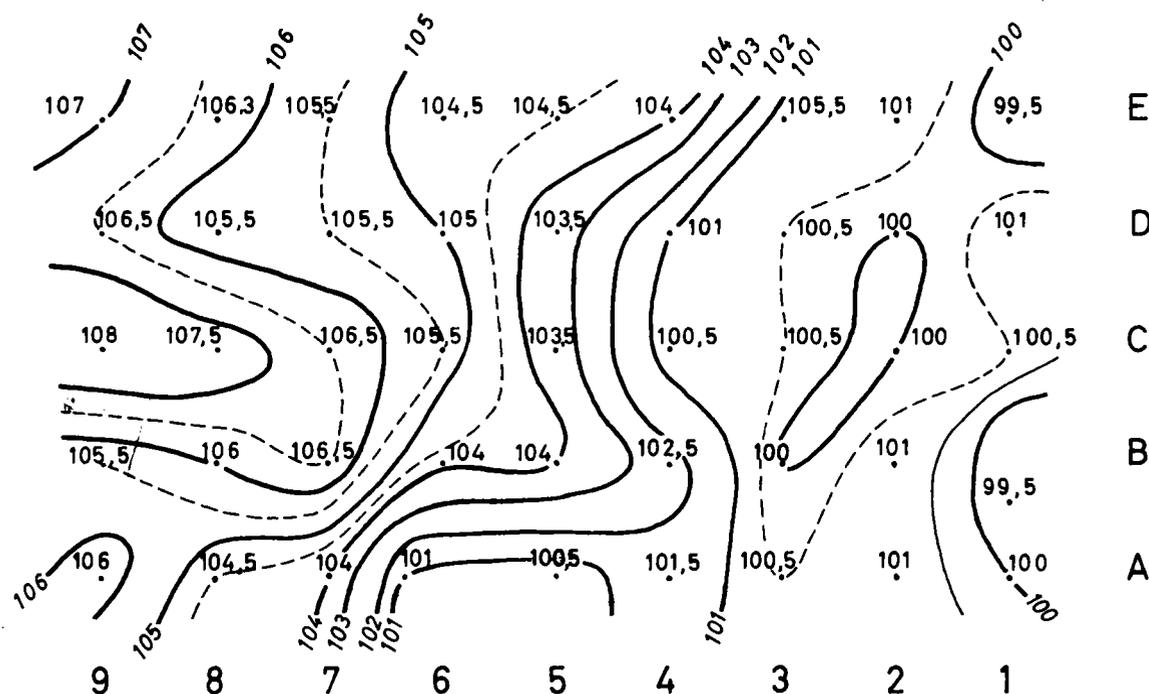
LÉGENDE

- A Profil
- 1 Station.
- 4 Epaisseur de la formation de Brie.
- 5 — Courbe isopaque

ECHELLE : 1/2000



CARTE DES ISOBATHES DU TOIT DES MARNES VERTES



LÉGENDE

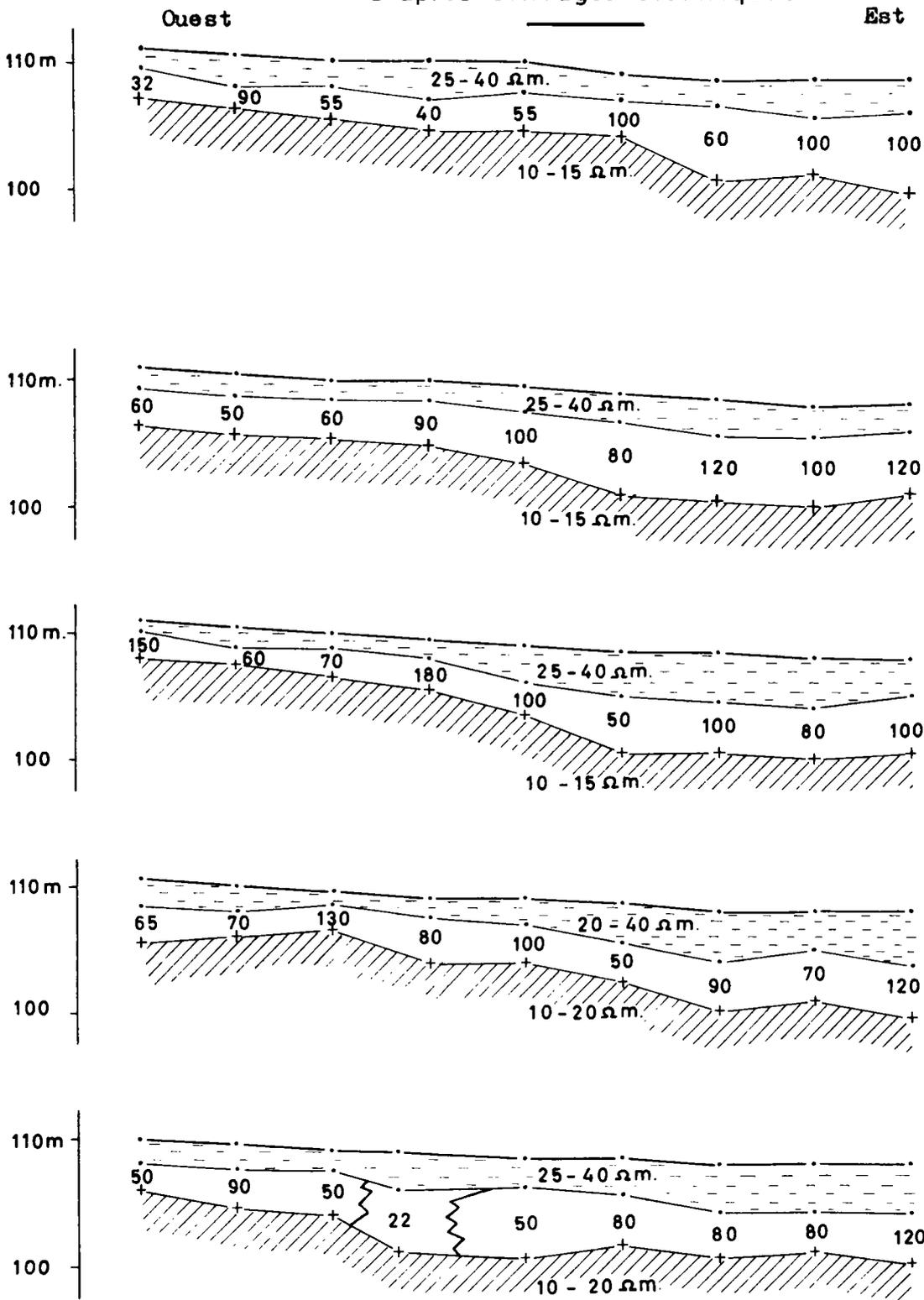
- A Profil
- 1 Station
- 101 — Courbe isobathe

ECHELLE : 1/2000



B.R.G.M.-U.G.P.

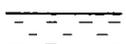
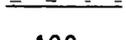
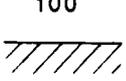
COUPES INTERPRÉTATIVES
D'après sondages électriques



ECHELLES

Horizontale : 1/2000
Verticale : 1/500.

LÉGENDE

-  Limons et argiles
 -  Formation de Brie.
 -  Marnes vertes ou argiles
- 100 Résistivité en Ω.m.

