

BRGM

R. CLUSEAU

Etude géophysique de la nappe de la CRAU dans la région de Fos-sur-Mer (B du R)

mai-juin 1962

BIBLIOTHEQUE
SERVICE GEOLOGIQUE DU BUREAU DE RECHERCHES GEOLOGIQUES & MINIERES

BUREAU DES RECHERCHES
GEOLOGIQUES ET MINIERES
74, rue de la Fédération
Paris XV ème

DEPARTEMENT GEOPHYSIQUE

ETUDE GEOPHYSIQUE DE LA NAPPE DE LA CRAU DANS LA REGION DE FOS-SUR-MER (B DU R)

R. CLUSEAU

Fait à Paris le, 9 août 1962

INTRODUCTION

a) Aperçu géologique

La présente recherche s'inscrit dans le cadre général de l'étude de la nappe de la Crau et tout particulièrement de la partie S-E de celle-ci. Rappelons très succinctement les traits géologiques essentiels de la région. La plaine caillouteuse de la Crau est l'ancien cône de déjection de la Durance débouchant de la trouée de Lamanon. Cette vaste plaine, semi désertique, descend en pente douce en s'apanouissant largement vers le Sud-Ouest où elle disparaît sous les alluvions du Rhône.

Dans sa partie Sud, région de Fos-sur-Mer qui nous intéresse tout particulièrement, le toit de la formation des cailloutis quaternaires descend sous la cote zéro et se continue au large du golfe de Fos. Elle est voilée en bordure de ce golfe par des formations littorales.

Le substratum de la formation des cailloutis est constitué :

- à l'Est par les faciès du Burdigalien supérieur (molasse blanche calcaire),
- à l'Ouest par les faciès du Tortonien (molasse jaune gréseuse),
- au Sud par des marnes que nous attribuons à l'Helvétien en nous référant au sondage de Fos 1 (la microfaune a été déterminée par Madame Le Calvez)

La nappe des cailloutis est donc une nappe libre reposant sur des formations considérées comme quasiment imperméables.

Cette nappe s'écoule en direction du Sud-Ouest où elle finit par affleurer au voisinage de la cote 1 ; elle peut devenir captive au voisinage du rivage en passant sous les formations littorales généralement envahies par les eaux salées.

La vaste bande de marais due à l'affleurement de la nappe est drainée par un ensemble de canaux dont le plus important est le Vigueirat.

Enfin, dans le secteur prospecté, signalons également le pointement calcaire d'âge Urgonien de "l'Etang de la Roque".

.../...


CHAÎNE DES ALPILLES
Zone prospectée
Etang de Berre
Etang de Vaine
CHAÎNE DE VITROLLES
CHAÎNE DE L'ESTAQUE
CHAÎNE DE CARRY
Golfe de Fos
Salon
Lambesc
Pélissanne
Miramas
Istres
Martigues
Port-de-Bouc
Fos
Marseille
Marignane
Vitrolles
Rognac
Berre
Aureille
Eyguières
Mallemort
Aqueduc de Roquefavour
Fouilles de Glanum
Anc. Monastère de St Paul-de-Mausole
Mas de Montfort
Les Baumettes
Le Destet
Mas de la Dame
Bauxite
Rochers Entreconque
Mas de Payan
Les Cabanes
Richebois
Les Canourgues
Aurons
Badasset
Temple Romain
Alleins
Saint-Symphorien
Vernègues
Pont Royal
Charleval
Silvacane
La Roque-d'Anthéron
Ste Anne
Côtes
Chaîne
Caire
Canal de Craponne
Canal d'Istres
Canal du Comtat
Canal de Provence
Canal de Marseille
Canal de Boisgelin
Canal de Martigues
Canal de Touloubre
Canal de Vitrolles
Canal de Rove
Canal de Berre
Canal de Caronte
Canal de Pas de la Mule
Canal de Pas de Bouc
Canal de Port de Bouc
Canal de Port de Ponteau
Canal de Port de Carro
Canal de Port de Fos
Canal de Port de Lavéra
Canal de Port de Marseille
Canal de Port de Rove
Canal de Port de Vitrolles
Canal de Port de Berre
Canal de Port de Martigues
Canal de Port de Salon
Canal de Port de Istres
Canal de Port de Miramas
Canal de Port de Pélissanne
Canal de Port de Lambesc
Canal de Port de Rognac
Canal de Port de Marignane

b) Site géographique

La zone à prospecter peut être délimitée :

- au Nord par les installations militaires d'Istres-le-Tubé sur lesquelles nous empiétons.
- à l'Est par la nationale 569 qui suit assez bien les affleurements de molasse calcaire.
- au Sud par le golfe de Fos.
- à l'Ouest par le canal d'irrigation de la Fossette et les étangs du Galéjon et de la Roque.

Cette surface de quelques 60 km2 est essentiellement couverte par des pâturages à herbe rare de la grande Crau et des maquis ou garrigues broussailleuses. Elle est traversée par de nombreux canaux qui viennent irriguer de grands domaines dont les pâturages très verts contrastent avec la sécheresse de l'ensemble.

Au Sud, nous trouvons, là où la nappe affleure, une large bande de marais couverts d'une herbe drue ; cette région marécageuse est bien délimitée par le canal d'Arles à Port-Bouc, au Sud duquel nous trouvons des formations littorales avec de nombreux étangs et d'anciennes salines.

La région est bien desservie en routes et chemins. Nous avons bénéficié pour notre travail de la grande facilité de circulation dans la plaine de la Crau, mais nous avons subi des retards du fait des installations militaires, des zones broussailleuses et, enfin et surtout, des marais. La traversée de ces marais n'offre aucune difficulté si l'on peut suivre une levée de terre, mais dès que ces levées cessent le déplacement du personnel et du matériel devient très difficile et parfois même impossible. Enfin, au voisinage des salines, des sables mouvants peuvent empêcher tout passage.

c) Buts de l'étude et méthode préconisée

Deux problèmes étaient posés à la géophysique :

1) dans la région Nord :
   Détermination de l'épaisseur des cailloutis quaternaires.

2) dans la région Sud :
   Etudier l'envahissement de la nappe de la Crau par les eaux salées

Dans le rapport ci-dessous, le problème essentiellement géologique de la zone Nord sera traité dans la Ière partie, le problème hydrogéologique du secteur Sud fera l'objet de la IIe partie.

Les méthodes géophysiques les mieux adaptées à l'étude de ces deux problèmes sont celles du sondage électrique et de la sismique réfraction.

Le présent rapport rend compte des résultats obtenus par la campagne de sondages électriques effectuée en mai-juin 1962.

Une campagne de forages est actuellement en cours, les données qu'elle apportera donneront peut-être lieu à une réinterprétation.

d) Durée et rendement

La mission a débuté le 11 mai et s'est terminée le 25 juin, soit 37 jours ouvrables.

155 sondages électriques ont été effectués sur profil, plus 5 sondages paramétriques. Compte tenu des prévisions faites à Paris la mission a donc été effectuée dans les délais prévus à très peu de chose près.

e) Personnel

La mission a toujours compris :

- un ingénieur auquel il a été adjoint un deuxième ingénieur en fin de mission,
- un prospecteur opérateur,
- un topographe.

Dans l'impossibilité où l'on était de trouver sur place des manoeuvres, un deuxième prospecteur a été affecté à la mission durant un certain temps. Il a été cependant possible en fin de mission de disposer de trois hommes d'équipe.

f) Matériel

Les mesures ont été faites avec un résistivimètre type B.R.G.M. Les sondages électriques d'accès difficiles ont été effectués à distance en posant des lignes de liaison et un câble supplémentaire pour le téléphone de campagne. Le matériel automobile comprenait un camion laboratoire "Renault" tout terrain, une 2 CV Citroën de liaison. Pour le passage des canaux nous avons utilisé un canot pneumatique "Zodiac".

g) Remerciement

Je tiens à remercier Monsieur DUROSOY, chef du Service régional du B.R.G.M. à Marseille, et Monsieur CHARBONNIER, géologue, pour les conseils et l'aide qu'ils m'ont apportés durant la mission ainsi que Monsieur DELLERY, technicien géologue.

RESULTATS

I - LA CRAU

Cette étude comprend 4 profils orientés NW-SE, sensiblement rectilignes et suivant en gros une ligne de niveau.

98 sondages ont été exécutés sur 20 km de profils soit très sensiblement un sondage pour 200 m. de profil. Il convient d'ajouter à ces sondages, ceux exécutés sur les forages et sur les affleurements.

/...

a) Echelle des résistivités

Cette échelle est une somme de tous les résultats expérimentaux de la campagne et, en particulier, des sondages d'étalonnage. Elle pourra être modifiée au fur et à mesure que de nouveaux éléments, tant géologiques que géophysiques, viendront s'ajouter à ceux déjà acquis.

- Cailloutis quaternaires ou duranciens

Nous distinguons deux faciès, le faciès consolidé et le faciès non consolidé. Dans le cas du faciès non consolidé, les courbes de sondage électrique marquent nettement le niveau statique.

En moyenne, la résistivité du cailloutis sous le niveau statique est 7 fois plus faible que celle de la formation sèche. La résistivité moyenne du réservoir est de 200 ohms/m. (ne descendant pas au-dessous de 120 ohms) et à 400 ohms/m pour les cailloutis secs (résistivité intrinsèque).

Quand la formation est consolidée, elle peut prendre l'aspect d'un véritable béton ; cette consolidation ne se présente qu'à faible profondeur. Sur les diagrammes de sondage électrique, il n'est en général plus possible de distinguer le niveau statique. Il est difficile de fixer une limite à ce faciès consolidé ; nous postulons, puisqu'il convient de fixer une frontière, qu'elle se situe au-delà de 300 ohms/m (ce chiffre étant entendu sous le niveau statique).

- Sables et grès du Tortonien - molasse jaune

La molasse jaune n'est connue que par sondages ; nous admettons que le milieu à 40-60 ohms/m qui constitue le substratum des cailloutis dans la partie Ouest du "prospect" appartient à ce niveau, ce qui semble être confirmé par les sondages en cours.

.../...

- Marnes et argiles de l'Helvétien

Ce faciès n'est connu lui aussi dans la zone prospectée que par sondage. Nous admettons que l'horizon à 9-10 ohms/m formant le substratum des cailloutis dans la partie Sud du "prospect" correspond aux argiles de l'Helvétien, ceci par analogie avec le forage "Fos 1". Il est bien évident que ce n'est là qu'une hypothèse qu'il appartiendra au géologue de vérifier.

- Burdigalien

Molasse blanche calcaire. Ce niveau forme la plus grande partie des affleurements de la partie Est du "prospect", c'est donc le mieux connu en résistivité avec celle des cailloutis. Au-dessus du niveau statique sa résistivité est de 350 ohms/m descendant à 100 et 70 ohms/m quand elle est en profondeur.

Les marnes du Burdigalien ont une résistivité moyenne de l'ordre de 20 à 25 ohms/m.

b) Sondages d'étalonnage

Il existe beaucoup de forages mécaniques qui ont été exécutés par divers services, en particulier l'E.D.F. ; mais ces forages s'arrêtent le plus souvent dans la formation des cailloutis et de ce fait ne présentent que peu d'utilité.

Nous donnons en annexe les diagrammes de "Fos 1" et de "Mas Icard".

Dans le cas de Fos 1, la base des cailloutis se détermine avec une précision de l'ordre de 10 %; dans le cas de Mas Icard, il n'est pas précisé si les graviers et sables argileux rencontrés entre 5,5 m. et 20 m. font partie de la formation durancienne, nous ne le pensons pas. Sur le diagramme, il apparaît un horizon à 300 ohms/m englobant à la fois le conglomérat durancien et cette formation. Il apparaît donc que certaines formations sous jacentes peuvent se confondre électriquement avec le conglomérat durancien.

.../...

c) Sondages électriques

Ce sont en général des sondages à 3 terrains dont les résistivités $\rho 1$, $\rho 2$, $\rho 3$ vont en décroissant. Si les diagrammes (dont nous donnons des exemples) sont en général de bonne qualité (peu d'à-coups de prises et effets latéraux), l'interprétation en est cependant assez difficile à cause précisément de la décroissance des résistivités $\rho 1$, $\rho 2$, $\rho 3$.

INTERPRETATION Annexe n° 4

Nous tentons un essai de corrélation entre les 3 et même 4 terrains mis en évidence par les diagrammes de sondage. Cet essai s'avère en fait assez délicat. En effet, admettre que le niveau à 200 ohms/m correspond à la formation des cailloutis nous amènerait à des épaisseurs de 50 m. et plus, ce qui est très improbable.

Nous avons placé sur les profils des discontinuités correspondant à une surépaisseur de l'horizon à 200 ohms/m et qui coïncide avec une variation de résistivité de substratum. Quelle est la signification géologique de cette discontinuité, très nette sur les profils B et C moins évidente sur le profil D et à peine discernable sur le profil A ?

- une faille est peu probable car la base du terrain à 200 ohms/m devrait être la même de part et d'autre de cette faille, ce qui n'est pas le cas.

- un surcreusement ou ancienne vallée comblée ensuite par un matériau identique à celui reconnu par le forage du Mas Icard.

- un ancien golfe bordé dans sa partie Ouest par une falaise abrupte.

- une variation latérale du faciès du Burdigalien supérieur. La molasse que nous connaissons en affleurement peut devenir plus compacte et cette variation ayant pour corollaire une augmentation de sa résistivité, nous aurions alors des zones où nous deviendrions "aveugle". Ce sont autant d'hypothèses que l'on peut formuler sans pouvoir donner de réponse. Une campagne de sondages électriques, destinée à délimiter le secteur et à en préciser la forme, permettrait sans doute de pousser plus loin l'interprétation. En fait, pour tenter de résoudre le problème par méthode géophysique, il eut été nécessaire de faire intervenir la sismique réfraction qui aurait vraisemblablement apporté des éléments nouveaux intéressants.

./.

Le trait essentiel que nous retiendrons est l'existence d'un valonnement dont la profondeur peut atteindre une quarantaine de mètres.

Nous trouvons sur le profil B une cuvette qui prend naissance vers les SE 7 et 6 et qui se continue vraisemblablement après la discontinuité. C'est sans doute cette même cuvette que nous trouvons en D à partir du SE 17 et qui se continue vers l'Est au-delà de la discontinuité.

Nous pensons que cette dépression du substratum pourrait prendre naissance en A entre SE 11 et SE 7 et que, en C, elle occuperait une partie de la zone "aveugle" à l'Est de la discontinuité. Le fond de cette dépression serait à la cote -7 sur le profil A, -28 sur B et -34 sur D. Il serait intéressant de vérifier par forage l'existence de ce trait de la topographie souterraine qui peut jouer un rôle primordial dans l'écoulement de la nappe.

Les sondages électriques ont par ailleurs mis en évidence la possibilité de différencier au sein même de la formation durancienne les faciès consolidés et non consolidés. Dans l'étude de la nappe cette discrimination peut avoir un intérêt tout particulier, la formation non consolidée ayant probablement une perméabilité très supérieure à celle de la formation consolidée. Les zones d'épaississement des cailloutis, si elles paraissent parfois conglomératisées en surface, ne sont jamais cimentées en profondeur, ce qui n'est pas le cas des zones où le cailloutis n'a pas plus de 10 m à 15 m d'épaisseur et qui peuvent être cimentées sur toute leur hauteur.

Les zones de surcreusement joueraient alors un rôle de drain pour la nappe, puisque perméable en grand, alors que les zones moins profondes n'auraient en général qu'une perméabilité de pores et fissures. Si nous disposions de 3 fois plus de profils, il serait alors possible de vérifier l'existence de tels chenaux qui peuvent drainer la majeure partie du débit de la nappe alors que les zones peu profondes ne participeraient que très peu au mouvement.

.../...

Il appartient aux forages mécaniques en cours de donner une "réalité" à l'essai d'interprétation réalisé ici. J'ai tenté de mettre en évidence les faits essentiels que donne ou peut donner la méthode du sondage électrique. Dans le cas d'un complément éventuel d'étude, il conviendrait d'utiliser la méthode sismique réfraction qui est une méthode de choix pour différencier des couches de graviers comme, par exemple, dans la zone aveugle où le substratum des cailloutis peut être constitué par des graviers d'un calibre différent.

II - LA NAPPE DE LA CRAU EN LIAISON AVEC LE DOMAINE MARIN

a) Introduction

Nous savons par quelques forages de très faible profondeur (quelques mètres) que la formation des cailloutis quaternaires descend sous la cote zéro dans la région des marais ; elle se poursuit plus au Sud pour se terminer en biseau au large du golfe de Fos.

Il y a donc interférence entre les eaux douces de la nappe de la Crau et les eaux marines ; c'est le problème que nous abordons maintenant. La méthode utilisée a été comme précédemment celle des profils de sondages électriques.

b) Travaux exécutés

Trois profils ont été implantés suivant une direction grossièrement perpendiculaire aux profils précédents, donc sensiblement suivant la direction de l'écoulement de la nappe. Le profil L, le plus à l'Ouest, suit dans son extrémité Sud l'ancienne nationale "568 A", pour recouper l'affleurement des calcaires urgoniens de la "Roque".

En tout 56 sondages électriques ont été exécutés.

.../...

c) Les sondages électriques

Les sondages exécutés dans la partie Nord de la Crau sont évidemment identiques à ceux des profils A, B, C et D, ; nous avons des diagrammes 3 terrains correspondant successivement à la formation de la Crau au-dessus du niveau statique, sous le niveau statique, et enfin à un substratum conducteur par rapport à son recouvrement. En progressant vers le Sud, le premier terrain disparaît, le niveau hydrostatique étant subaffleurant. Le profil L montre bien cette transition.

Dans la zone des marais, une couche de vase et de tourbe change sensiblement l'aspect des diagrammes, nous avons un premier terrain conducteur à 10 ohms/m correspondant à cette couche de vase, la formation de la Crau proprement dite et le substratum conducteur. Nous devons tirer des diagrammes 5 inconnues, soit 3 résistivités et 2 profondeurs. Or, les courbes en cloche sont d'une interprétation délicate. L'épaisseur et la résistivité du premier terrain se déterminent bien, mais ce sont des inconnues auxiliaires ne présentant guère d'intérêt géologique. La résistivité du second terrain se détermine avec une bonne précision, remarquons que son évaluation se fera en général par défaut, alors que par corollaire, son épaisseur sera évaluée par excès. La résistivité du substratum est celle qui nous intéresse tout particulièrement car de cette valeur, nous devons conclure à la présence ou non d'eau salée dans la nappe de la Crau. Si le substratum de la formation perméable était constitué par un terrain résistant, le problème n'offrirait que peu de difficulté, or le substratum des cailloutis est constitué vers le Sud par des formations marneuses ou argileuses dont la résistivité se situe aux alentours de 10 ohms/m. Nous admettons - nous essaierons de justifier ce choix par la suite - qu'au-dessous de 9 ohms/m le substratum est constitué par la formation de la Crau envahie par les eaux salées, et qu'au-dessus de 9 ohms/m, le substratum est constitué par des marnes et des argiles. Il faut cependant ajouter que, si - comme cela est possible - nous avons des argiles salées à 1 ou 2 ohms/m, il ne sera pas possible de différencier une formation perméable envahie par les eaux marines et ces argiles.

La connaissance de la résistivité du substratum est donc fondamentale. Ce paramètre aurait été mieux déterminé si l'on avait disposé des résultats d'une mission sismique réfraction donnant cette profondeur au préalable ; il eut été possible, alors, de lever l'indétermination qui pèse sur ce même niveau de base dans l'impossibilité où l'on est de différencier électriquement argiles salées et formation de la Crau envahie.

Résistivités

Nous utiliserons la loi de Newton qui établit une relation entre les conductivités σf de la formation,

σi conductivité intrinsèque ou conductivité de cette formation sèche

σe conductivité de l'eau de formation,

et p porosité du milieu

$$(1) \qquad \sigma_f = \frac{3\sigma i + 2p\,(\sigma e - \sigma i)}{3\sigma e - p\,(\sigma e - \sigma i)}\,\sigma e$$

Considérons des eaux de forte salinité (30 à 40 gr/l) dont les conductivités à 20°C sont d'environ 5 et 6 $ohms^{-1}/m$.

La conductivité intrinsèque $i = \frac{1}{\rho_i} = \frac{1}{1\,400} = 7.10^{-4}$

donc parfaitement négligeable devant σe

La formule (1) devient :

$$(2) \qquad \sigma_f = \frac{2p}{3 - p}\,\sigma e \quad \text{ou en terme de résistivité} \quad \rho_f = \frac{3 - p}{2p}\,\rho e$$

Consignons dans un tableau les valeurs de ρ_f en fonction de la porosité exprimée en % .

.../...

ρ_e \ p	25 %	30 %	40 %
0,15	0,83	0,68	0,49
0,2	1,1	0,9	0,65
0,3	1,65	1,35	0,98

Les valeurs de ρ_f sont donc voisines de 1 ohm/m,

On admettra que la formation de la Crau saturée en eau salée = teneur sensiblement égale à celle de la mer = a une résistivité de 1 ohm/m.

Inversement, nous pourrons calculer la teneur en sel de l'eau de la formation, à partir de la résistivité de cette dernière.

En considérant $\frac{\sigma_i}{\sigma_e}$ comme petit devant l'unité, la formule (1) devient :

$$\frac{\sigma_f}{\sigma_e} = \frac{2p}{3-p} - \frac{2p-3}{3-p}\,\frac{\sigma_i}{\sigma_e}$$

ou encore : $$\frac{\rho_e}{\rho_f} = a - b\,\frac{\rho_e}{\rho_i}$$

soit encore $$\frac{\rho_e}{\rho_f} \# a\left(1 - b\,\frac{\rho_f}{\rho_i}\right)$$ approximativement

En prenant les chiffres de la première partie de ce rapport, c'est-à-dire $\rho_f/\rho_i = 1/7$, nous avons pour différentes porosités :

porosité	25 %	30 %	40 %
$\frac{\rho_e}{\rho_f}$	$\frac{15}{100}$	$\frac{19}{100}$	$\frac{27}{100}$

.../...

Si on admet que 30 % est la valeur la plus probable de la porosité des cailloutis, l'eau de la formation est environ 5 fois moins résistante que la formation elle-même.

L'eau de la Crau aurait une résistivité de 40 ohms/m et titrerait environ 150 mg de ClNa au litre. Les niveaux à 40 ohms/m (fin du profil M) titreraient 700 mg/l (un diagramme résistivité, salinité, température est joint à ce rapport).

A titre indicatif, nous donnons les résistivités des eaux de surface. Ces chiffres doivent être considérés comme majorés dans le sens de la salinité par suite de l'évaporation intense sur les plans d'eau :

- calcaires de La Roque eau dans une dépression	0,9 ohms/m à 21°C	teneur 7,2 g/l
- Etang de La Roque	0,1 ohms/m à 20°C	65 g/l
- Etang de Goulevielle	0,2 ohms/m à 20°C	30 g/l
- Canal d'Arles plusieurs prélèvements	moyenne de 10 ohms/m	0,55 g/l
- Etang du Galejon	1 ohm/m	6 g/l

Interprétation

a) limite du biseau salé

Nous venons de voir que la nappe de la Crau envahie par l'eau de mer doit avoir une résistivité de l'ordre de 1 ohm/m. Tous les niveaux à 1 ohm/m sauf ceux appartenant aux terrains superficiels près de la cote seront considérés comme appartenant à ce faciès. Les terrains à 9-10 ohms/m seront interprétés comme appartenant aux marnes de l'Helvétien - référence forage Fos 1 -.

L'horizon à 20 ohms/m et plus qui apparaît dans la partie Nord est vraisemblablement constitué par les sables et grès du Tortonien recouvert par une épaisseur plus ou moins grande de marnes de l'Helvétien.

.../...

En fait, nous ne pouvons pas attribuer au domaine envahi par les eaux marines les seuls terrains à 1 ohm/m ; une faible épaisseur d'eau salée sur une argile à 9 ohms/m n'apparaît pas comme un niveau différencié ; il entraîne une chute plus rapide du diagramme électrique et la résistivité du substratum apparaît comme étant comprise entre 1 et 9 ohms/m.

Nous admettrons que le biseau salé se termine quand le substratum a une résistivité supérieure à 9 ohms/m : c'est une limite possible. La limite, dite de la zone de diffusion, est la frontière en-deçà de laquelle on a la quasi certitude de trouver l'eau salée. C'est vraisemblablement entre ces deux frontières que doit se trouver la fin du biseau salé.

b) diffusion du sel dans la nappe à eau douce

Les sondages électriques permettent de suivre avec beaucoup de nuance le phénomène de diffusion du sel dans la nappe à eau douce.

Ce qui frappe au premier abord quand on jette un coup d'oeil d'ensemble sur le plan, c'est que l'invasion des eaux salées pénètre beaucoup plus profondément dans les terres à l'Ouest qu'à l'Est.

Sur le profil N l'invasion ne doit pas excéder 1 100 m. alors qu'elle se situe à plus de 4 km sur le profil L.

Ce phénomène peut s'expliquer par un écoulement de la nappe suivant une direction privilégiée. Sur L, nous aurions une région où la nappe à eau douce ne s'écoulerait que très lentement et le sel des eaux de mer aurait la possibilité de diffuser très lentement vers le haut. En N au contraire, l'écoulement relativement rapide empêcherait de façon quasi complète ce phénomène de diffusion.

On pourra faire le parallèle entre cet écoulement préférentiel de la nappe en direction du profil N et l'existence d'un chenal mis en évidence de façon très probable à l'Est du profil D, au-delà du SE 17. Nous ne pouvons guère pousser plus loin dans cette voie, la densité des sondages électriques étant trop faible.

.../...

c) nappe captive - La nappe de la Crau qui est une nappe libre finit par se coincer près du littoral sous des terrains à très faible résistivité, souvent inférieure à 1ohm/m.

Ceci est très net sur le profil M, moins net sur L car, à la hauteur des SE 17 et 18, la nappe à eau douce est déjà très altérée par la diffusion.

Il ne semble pas que la nappe devienne captive sur le profil N mais les cordons littoraux sont peu développés à cet endroit.

d) Calcaires de La Roque

Les sondages électriques permettent de déterminer le toit des calcaires avec une bonne précision comme en témoignent la coupe interprétative et les forages (8) et (9).

L'évaluation de leur résistivité vraie sous un terrain dont la résistivité est de 0,5 ohms/m est par contre moins sûre.

La résistivité des eaux contenues par ces calcaires est d'environ de 0,9 ohm/m, la résistivité du calcaire ρf de 20 ohms/m en moyenne (sans le SE 26) d'où en utilisant la formule (2) nous déduisons la porosité, soit 7 %.

Au SE 26 la résistivité tombe à 10 ohms/m, nous ne sommes plus dans le domaine des eaux saumâtres, mais dans celui des eaux franchement salées.

Alors que vers le Sud les calcaires semblent descendre très doucement, au Nord, par contre, nous avons placé une discontinuité qui pourrait correspondre à une faille.

Des renseignements plus précis pourraient être obtenus dans ce domaine également en utilisant la méthode sismique.

*

* *

ANNEXES JOINTES AU PRESENT RAPPORT

Annexe 1 : carte à l'échelle du 1/200 000e
site de la zone prospectée

Annexes 2 et 3 : à l'échelle du 1/20 000

- 2 La Crau - Partie Nord - Position des profils
- 3 Invasion marine de la nappe de La Crau - Partie Sud

Annexe 4 : La Crau - Coupe interprétative d'après les sondages électriques

Annexe 5 : Coupe suivant le profil L des SE 1 aux SE 16

10 diagrammes de sondages électriques
Fos 1 et Mas Icard - Sondages paramétriques - exemples A 19, B 19, C 24, D 21, L 11, L 25, M 2, N 11.

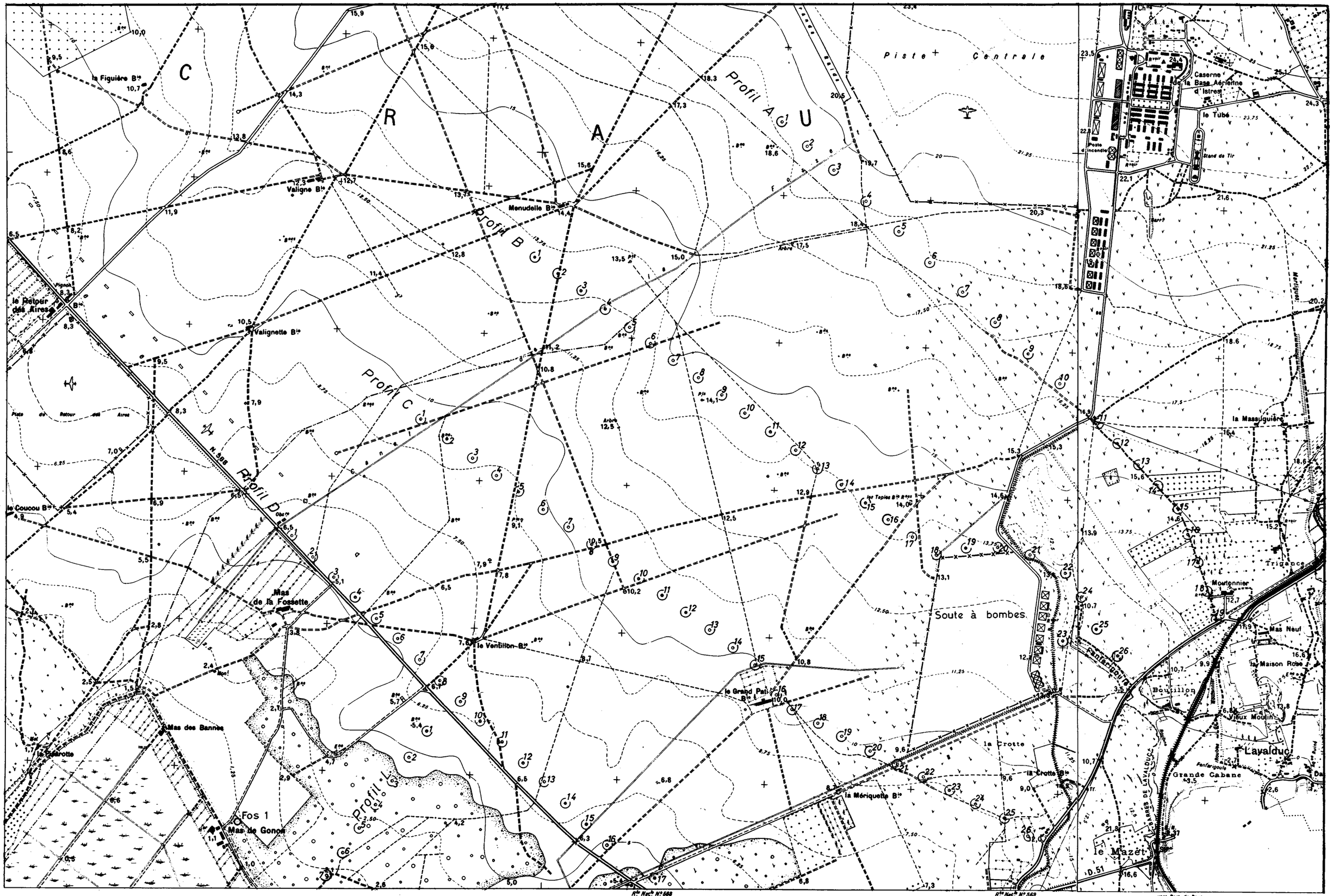
Annexe 6 : Diagramme - Résistivité, Salinité, Température.

LA CRAU

Position des Profils

ECHELLE : 1/20.000

Annexe 2



redressement photographique, complétés en 1942.

Levés par redressement photographique complétés sur le terrain en 1942.

Equidistance des co Levés de 1946 - 1947.

INVASION MARINE DE LA NAPPE DE LA CRAU

ÉCHELLE 1/20000 – COUPE 1cm → 20m

Limite possible de la zone du biseau salé de diffusion

Profil L — Profil M — Profil N — Profil D

l'Audience — les Grands Paluds — la Feuillane — le Grand Pâti — la Fromagère — la Fenouillère — la Plaine — les Carabins — l'Archevêque — le Mazet — les Aulnes — Maison Rico — la Cabanelle — le Carrelet — le Vallin — le Ranch — Fontaine de Guigue — les Clapets — Mas du Cavaou — la Bourdigue — le Bassin — Demoustiers — Fos-sur-Mer — Cartonnerie — Casino — Port — Anse de St-Gervais — Pnte de St-Gervais — Le Galéjon — Le Goulevielle — Canal du Galéjon — Canal de Fos — Marais de la Fous — Etang de l'Estomac — Etang de Caronte — Canal d'Arles — Canal du Rhône — Pompe du Tonkin — Tourbière — Viguerat — Roubine — Crotte — Bord — Colmat — Mourre Poussiou — Stade — N 569 — N 568 — N 568A — D 51 — D 51b — Brûle-Tabac

LEGENDE-ESSAI D'INTERPRÉTATION

- P > 180 } Formation perméable à eau douce
- P < 180 }
- P ~ 10 Formation perméable à eau douce ou saumatre
- P < 8 Formation perméable à eau salée
- Marnes et argiles
- Sables et grès
- Calcaire Urgonien de La Roque

LEGENDE

- ○ Sondages électriques
- ○ ○ Profil théorique
- 55 Résistivité en ohm/m de la formation
- △ Forages de la Roque
- (8) (-17.5) Numéro de forage et cote du toit des calcaires
- Discontinuité. Faille?

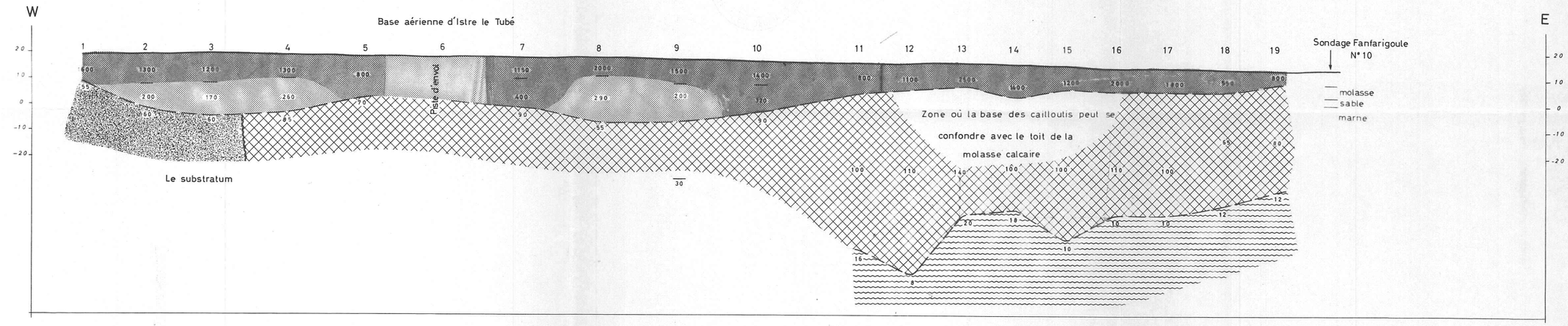
calcaire urgonien de La Roque

Annexe 3

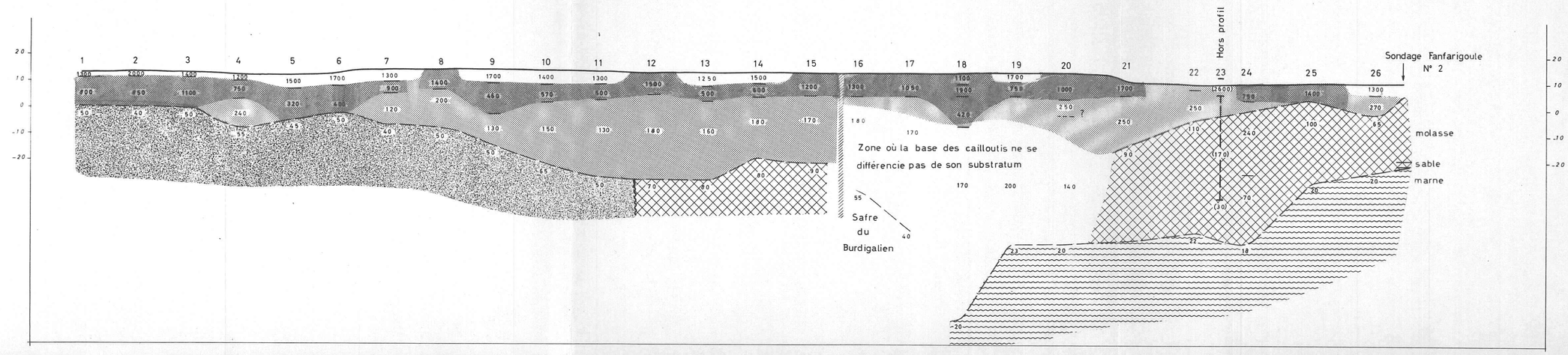
LA CRAU

COUPE INTERPRÉTATIVE D'APRÈS LES SONDAGES ÉLECTRIQUES

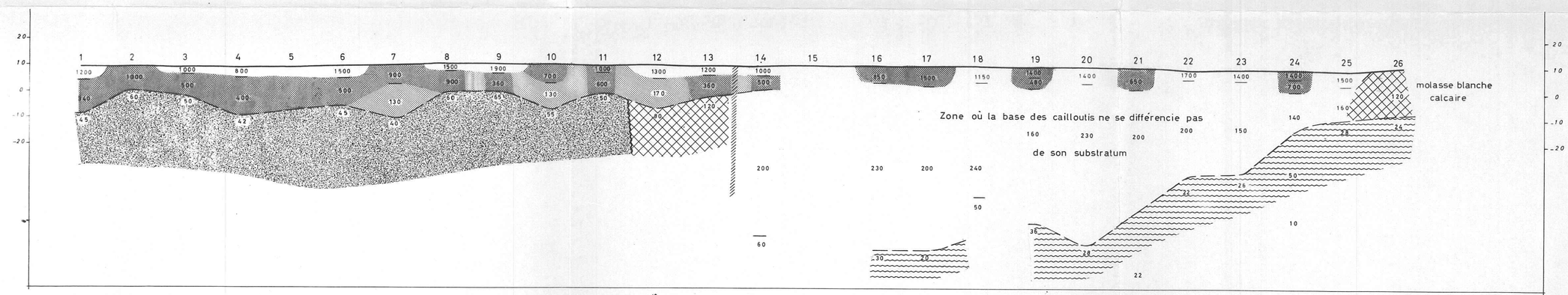
PROFIL A



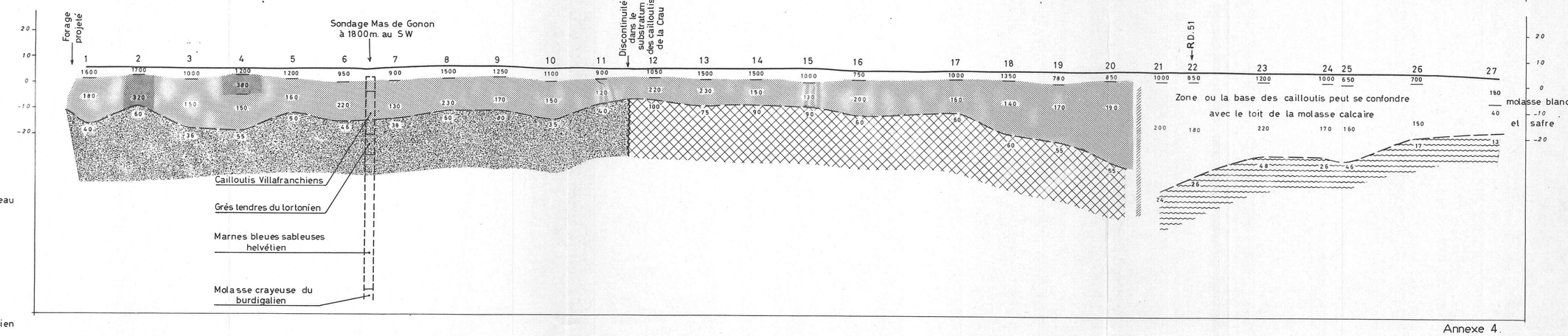
PROFIL B



PROFIL C



PROFIL D



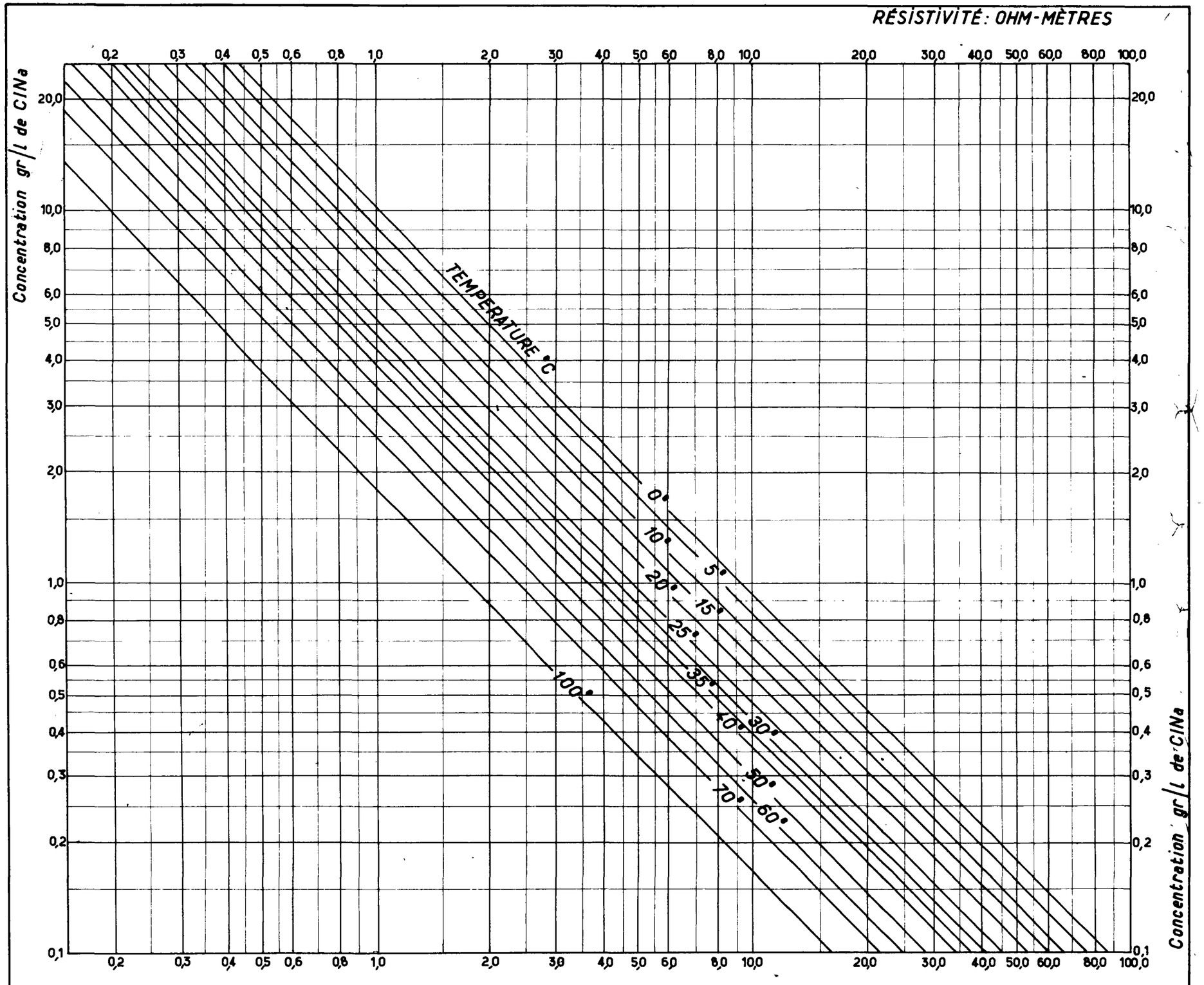
LÉGENDE

- Cailloutis au-dessus du niveau hydrostatique
- Cailloutis consolidés
- Cailloutis
- Sables et grès du Tortonien
- Molasse calcaire } Burdigalien
- Marnes } Burdigalien

Annexe 4.

ÉCHELLE HORIZONTALE : 1/10.000

RÉSISTIVITÉ : OHM-MÈTRES



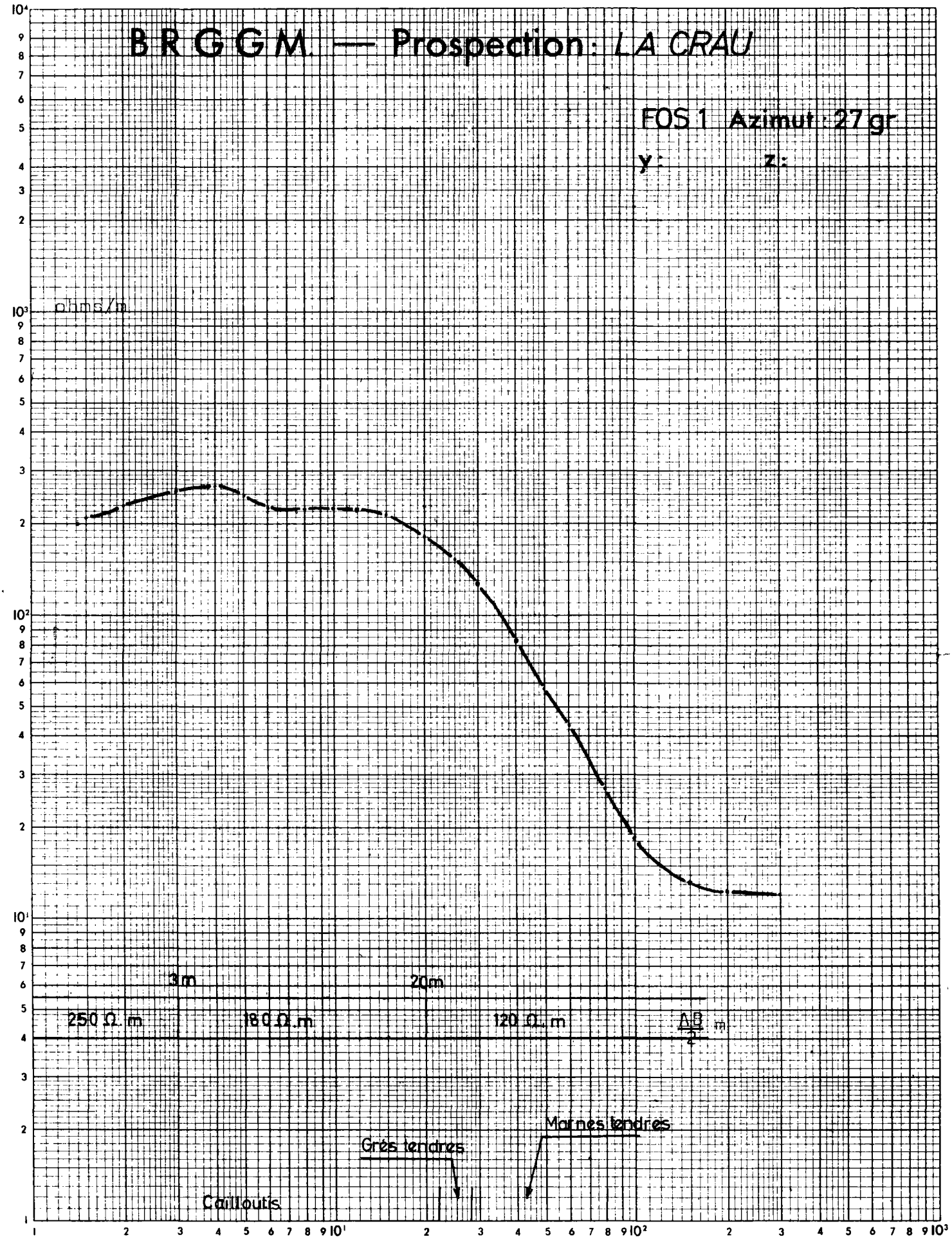
RÉSISTIVITÉ : OHM-MÈTRES

Annexe 6

B R G G M. — Prospection : *LA CRAU*

FOS 1 Azimut : 27 gr

y : z :



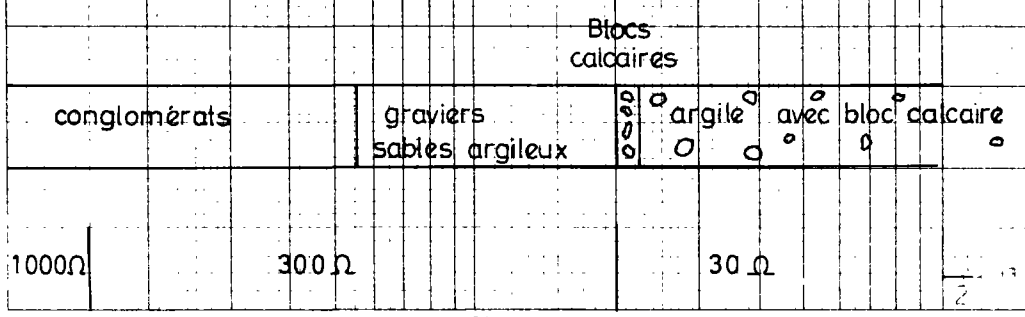
N° 269

BRGGM. — Prospection: *LA CRAU*

Forage MAS ICARD

x: y: z:

ohms/m

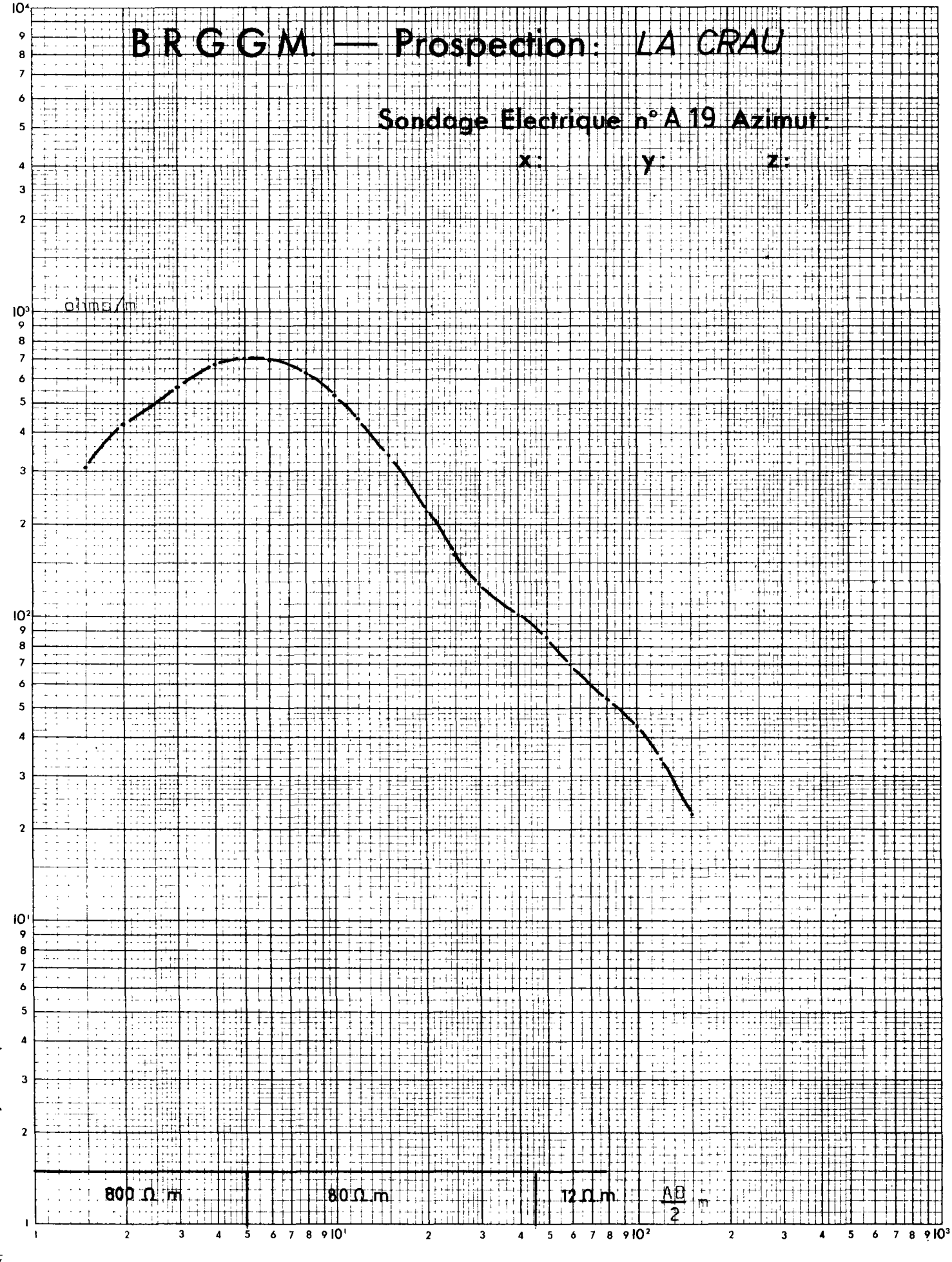


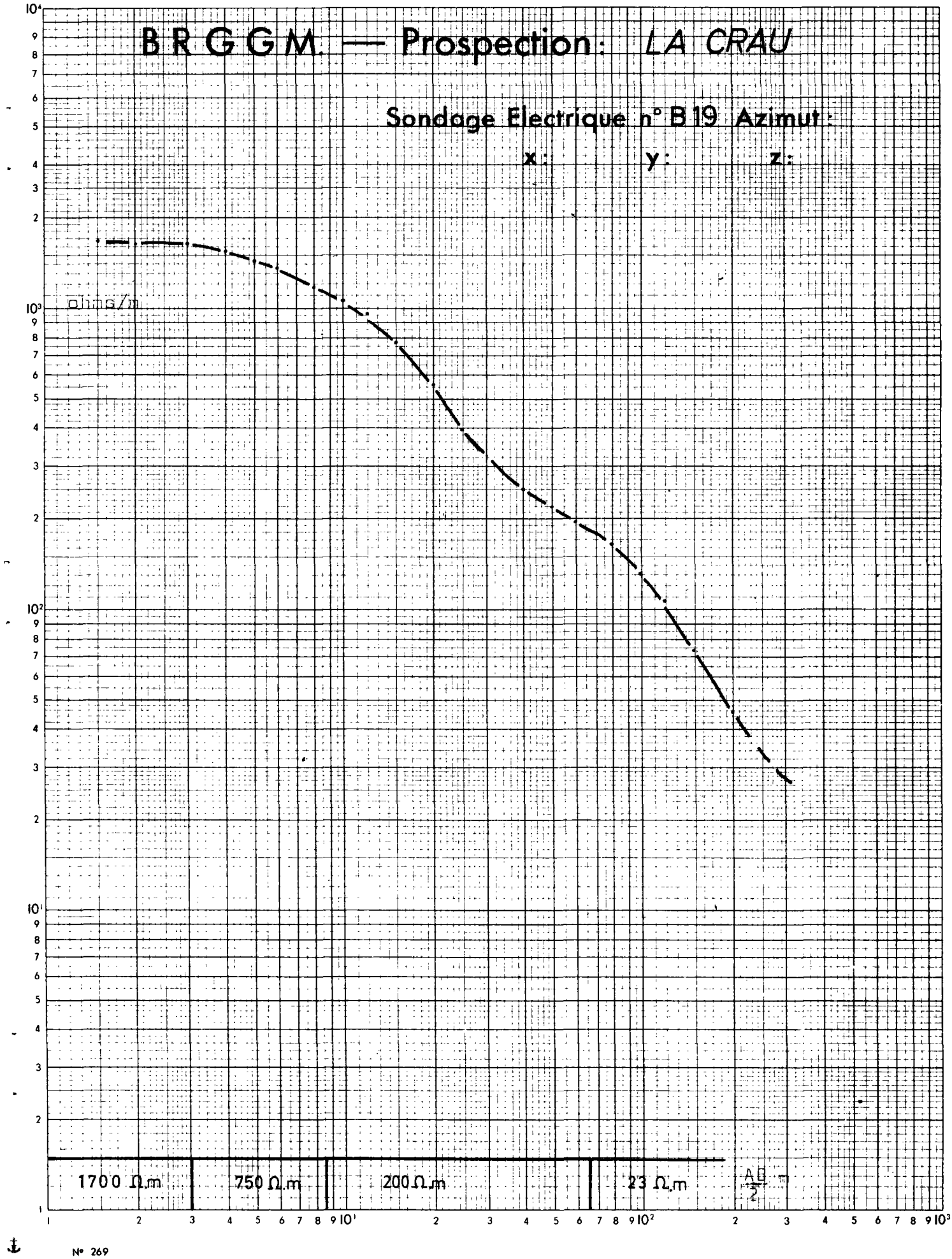
N° 269

B R G G M. — Prospection : *LA CRAU*

Sondage Electrique n° A 19 Azimut :

x : y : z :

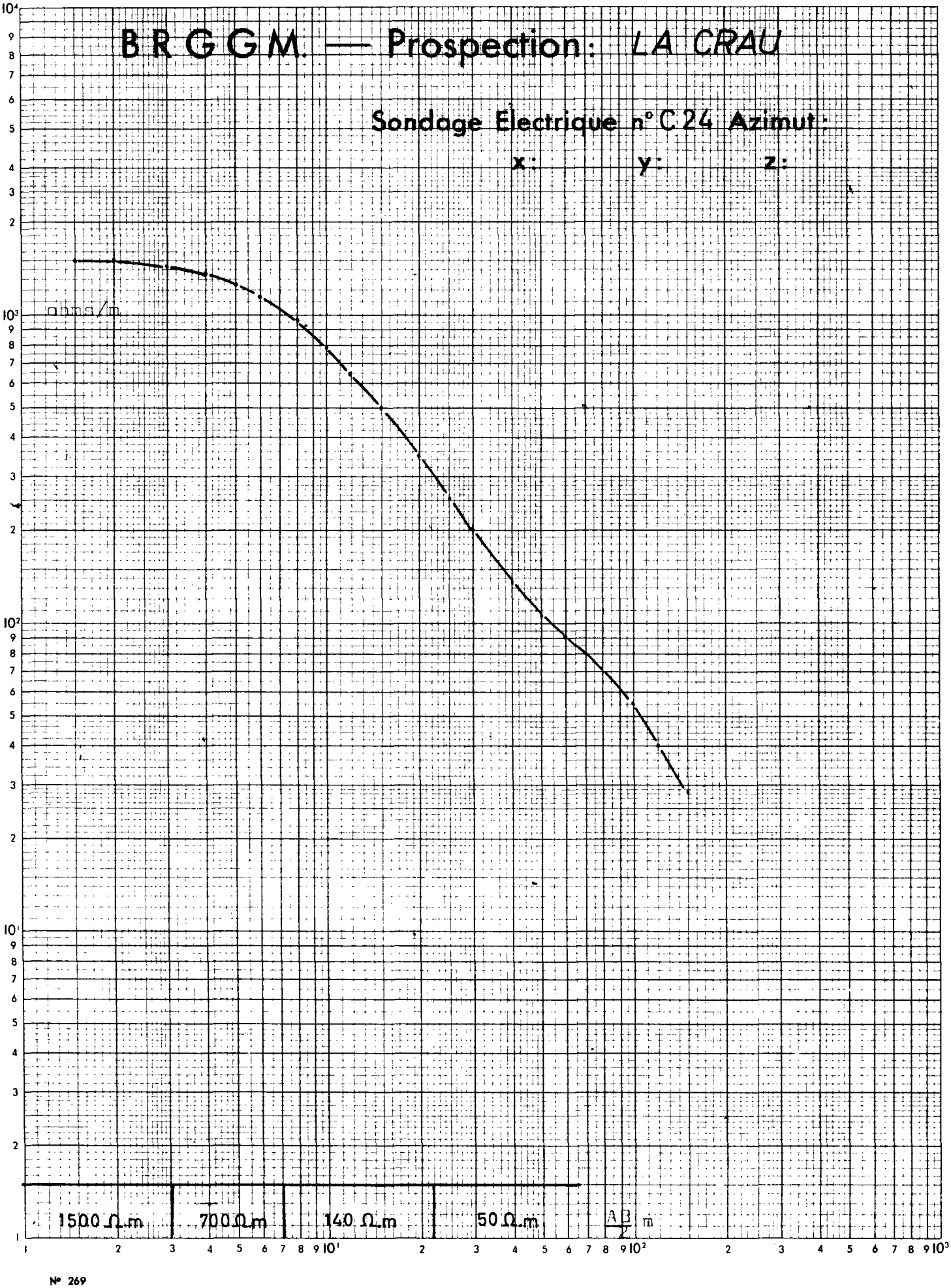



BRGGM. — Prospection : LA CRAU
Sondage Electrique n° B 19 Azimut :
x :
y :
z :
ohms/m
1700 Ω.m
750 Ω.m
200 Ω.m
23 Ω.m
AB/2 m

B R G G M. — Prospection : *LA CRAU*

Sondage Electrique n° C 24 Azimut :

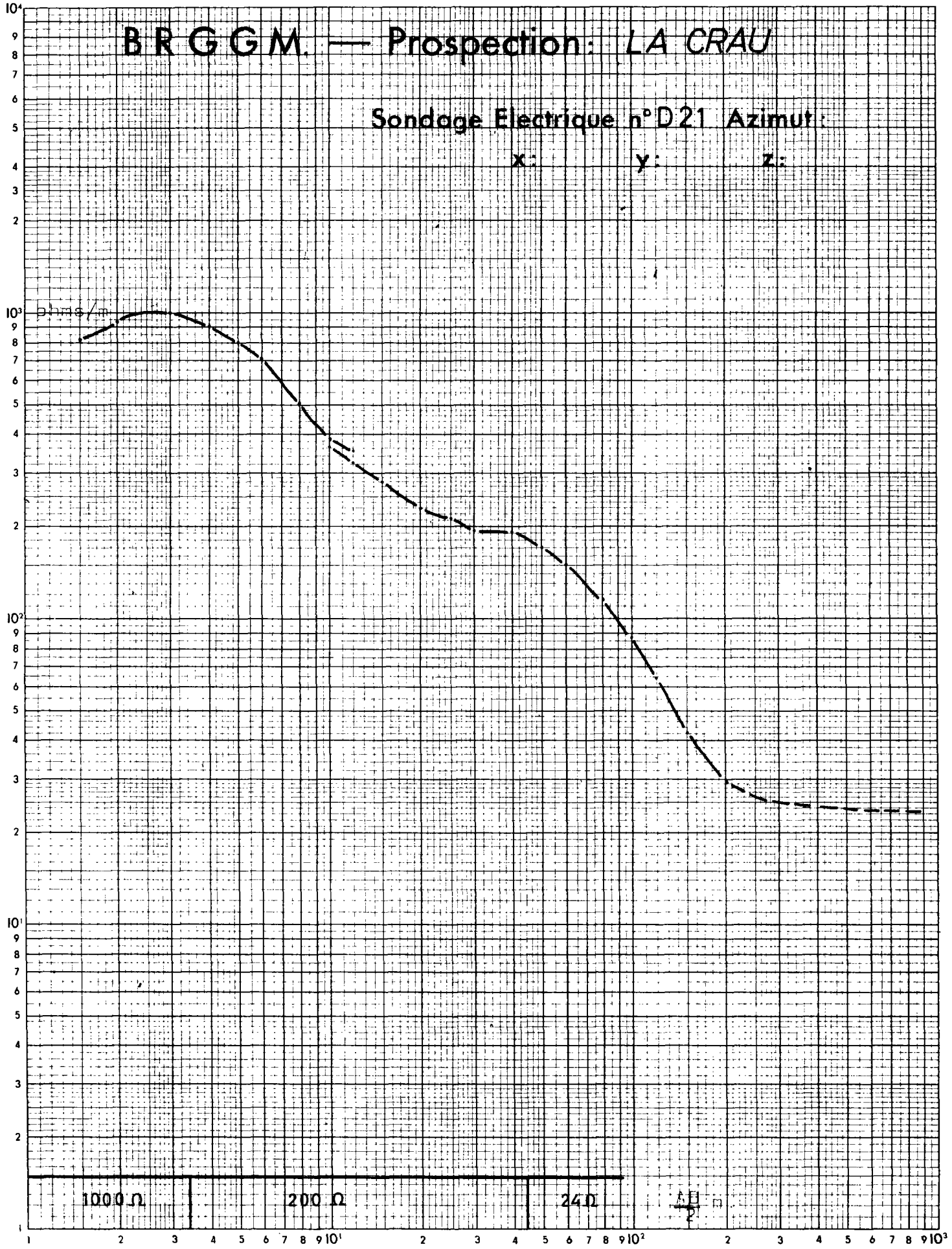
x : y : z :



B R G G M. — Prospection: *LA CRAU*

Sondage Electrique n° D 21 Azimut :

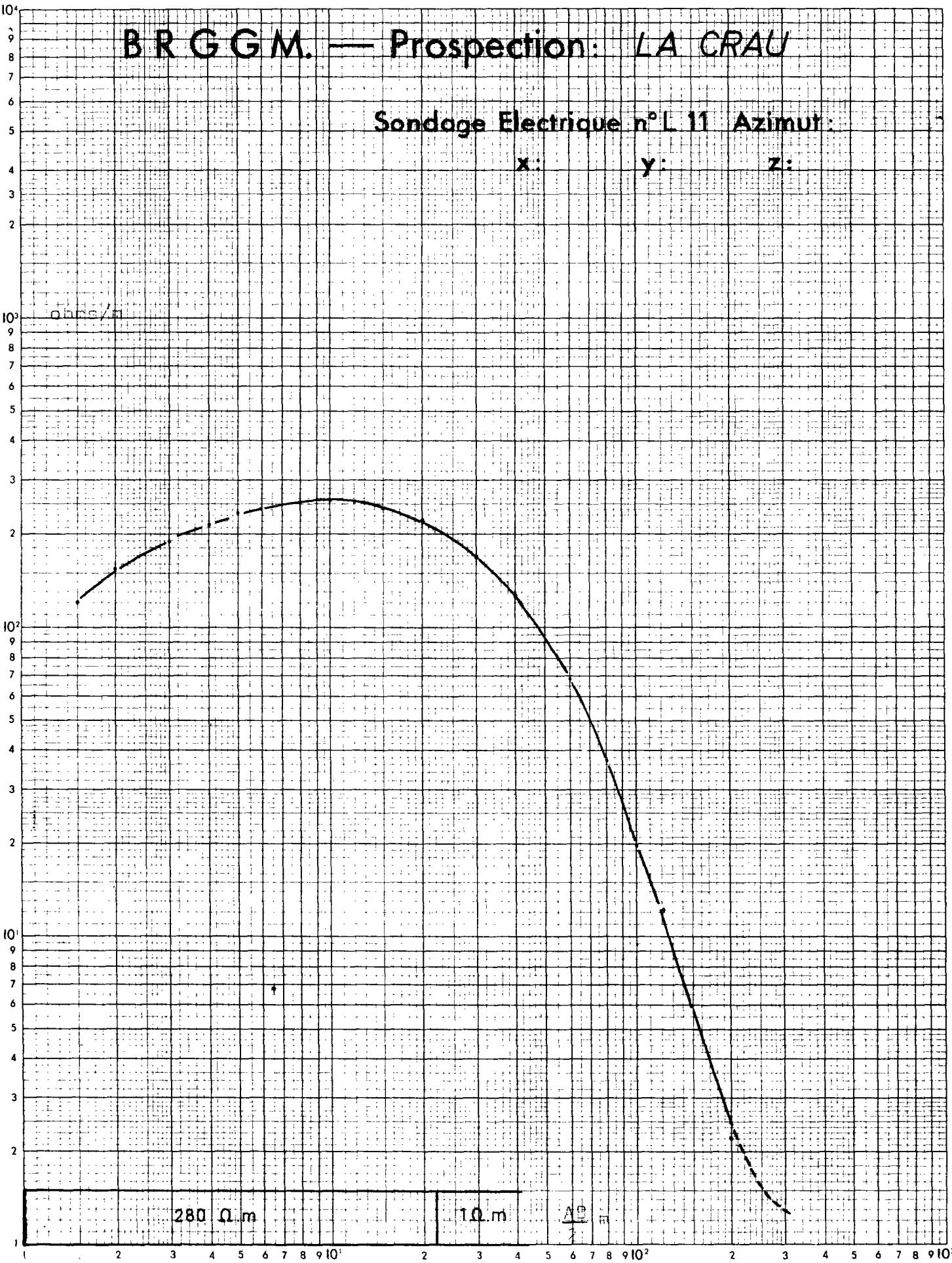
x : y : z :



B R G G M. — Prospection: LA CRAU

Sondage Electrique n° L 11 Azimut :

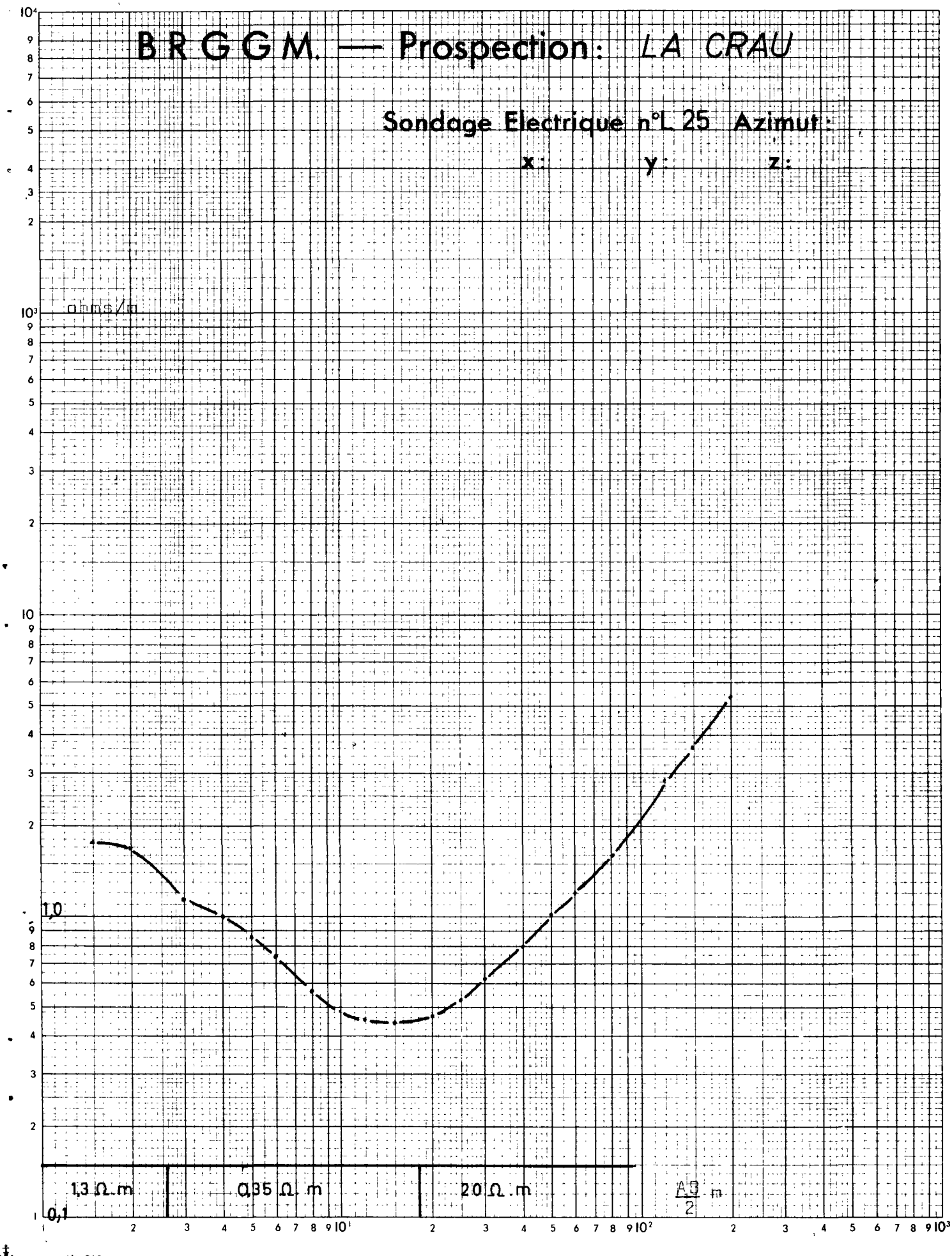
x : y : z :



B R G G M. — Prospection : *LA CRAU*

Sondage Electrique n°L 25 Azimut :

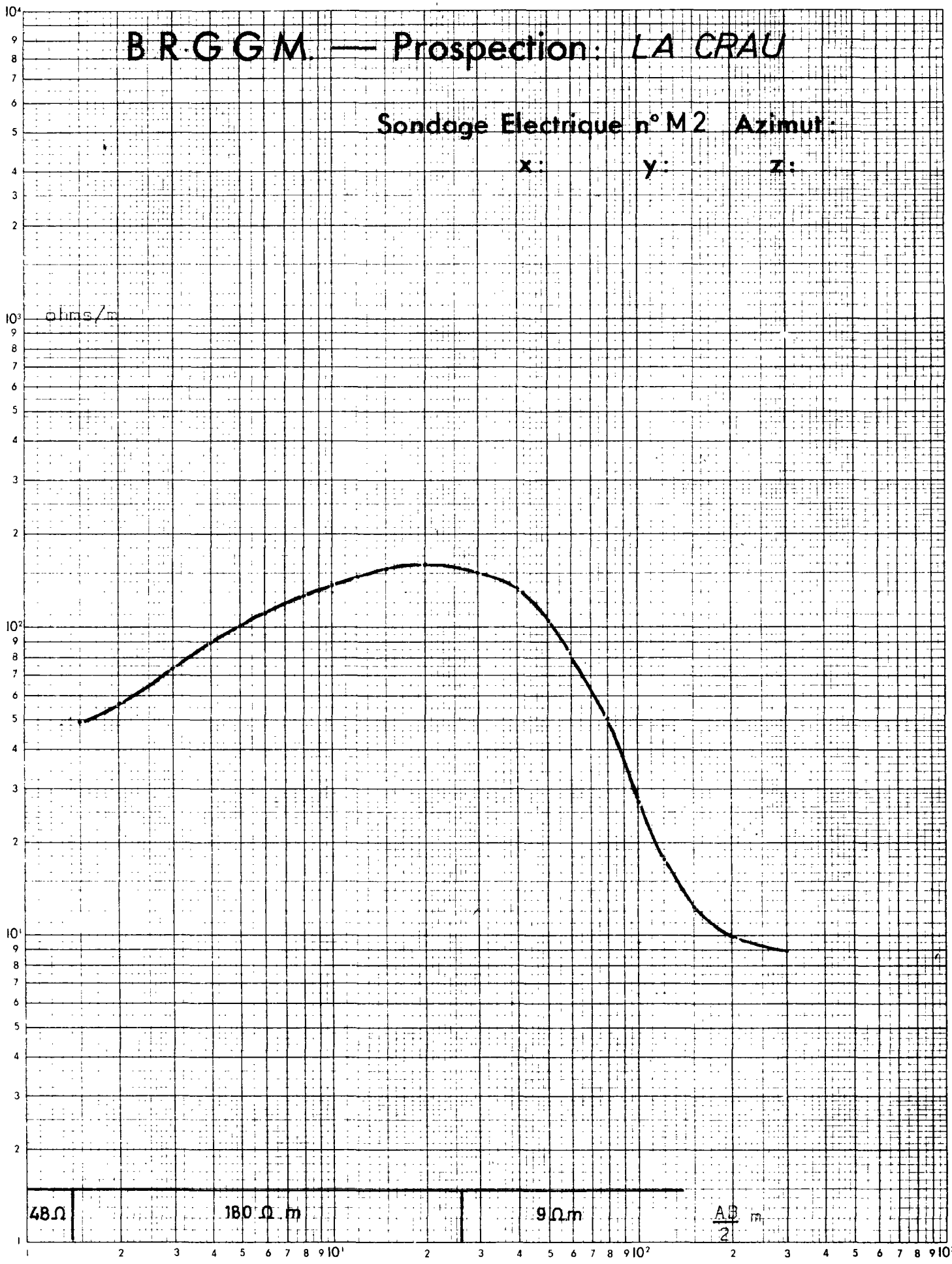
x : y : z :



B R G G M. — Prospection : *LA CRAU*

Sondage Electrique n° M 2 Azimut :

x : y : z :

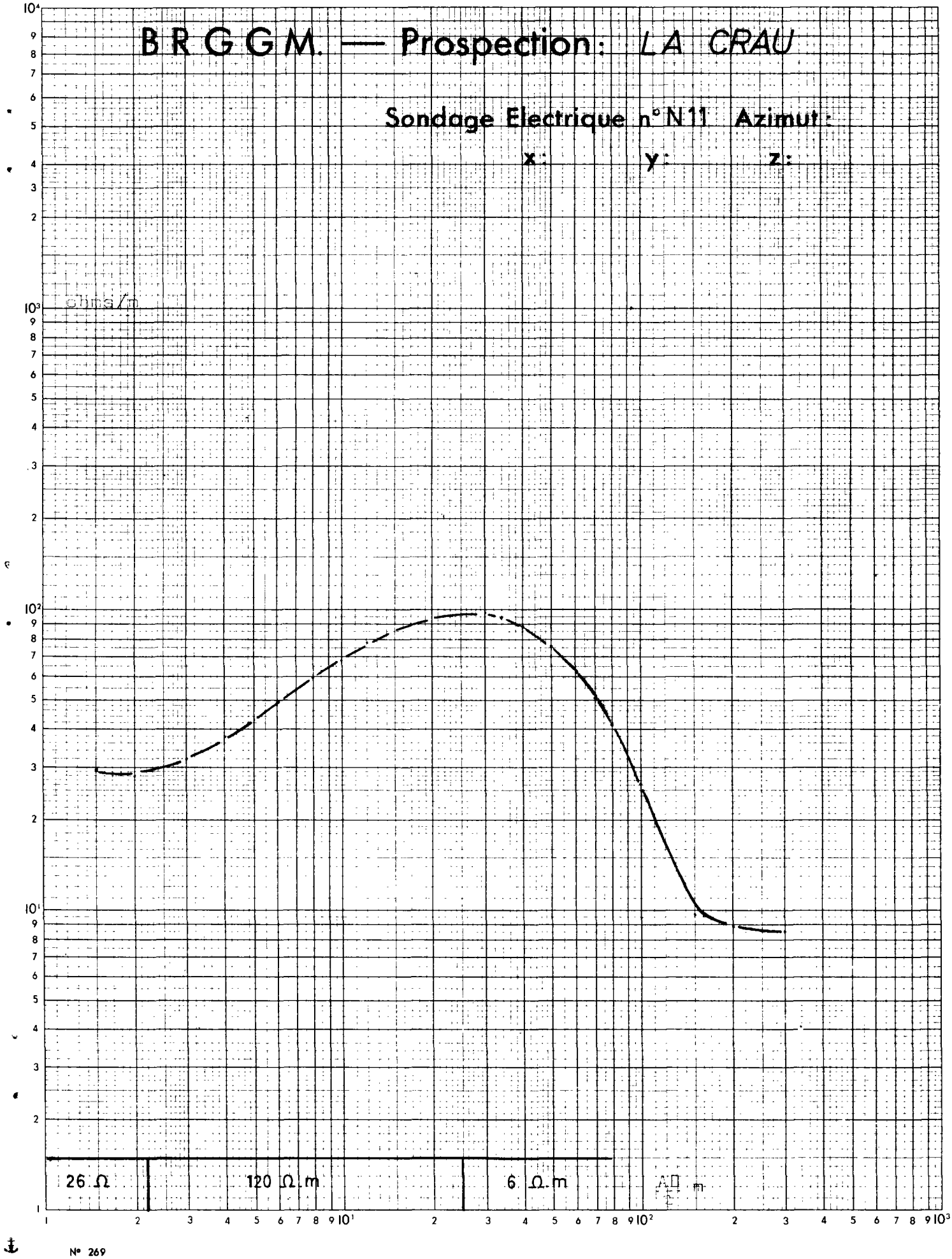


N° 269

B R G G M. — Prospection: *LA CRAU*

Sondage Electrique n° N11 Azimut :

x : y : z :



N° 269

PROFIL L du SE 1 au SE 16

Echelle horizontale 1/20.000

Echelle verticale 1/1.000

