

MATÉRIAUX POUR LA GÉOLOGIE DE LA SUISSE  
GÉOPHYSIQUE

N° 7

Publiés par la Commission Géotechnique Suisse  
Organe de la Société Helvétique des Sciences Naturelles, subventionnée par la Confédération

**Carte des résistivités de  
la Plaine du Rhône**

par  
*Camille Meyer de Stadelhofen*

EN COMMISSION

chez Kümmerly & Frey, Geographischer Verlag, Berne  
1966

Buchdruckerei Aschmann & Scheller AG, Zürich

## Préface de la Commission Géotechnique Suisse

Dans la séance du 22 janvier 1966 M. le Prof. E. Poldini, membre de la Commission, présenta une «Carte des résistivités de la plaine du Rhône», élaborée par son chef de travaux M. Camille Meyer de Stadelhofen avec l'aide des élèves du Laboratoire de Géophysique de l'Université de Lausanne. Etant donné l'intérêt à la fois scientifique et pratique de ces levés géoélectriques dans la vallée du Rhône entre Bex et Villeneuve, la Commission accepta la Carte, accompagnée d'un texte explicatif, pour être publiée dans sa série «Géophysique». La Commission remercie vivement les auteurs de cette contribution intéressante à la recherche géophysique du pays.

Le fond du texte et des planches est laissé à la seule responsabilité de l'auteur.

Zurich, avril 1966.

Au nom de la Commission Géotechnique Suisse  
Le président: *Prof. F. de Quervain*

## Introduction

La possibilité de distinguer électriquement, à partir de la surface, les formations géologiques existant en profondeur et de définir leur extension, vient de ce que chacune de ces formations possède une résistivité électrique caractéristique.

Nous pouvons mesurer la conductibilité (ou résistivité) électrique du sous-sol à l'aide d'un dispositif fort simple: si nous fermons un circuit électrique par la terre, au moyen de deux piquets A, B, fichés dans celle-ci, le courant s'écoule par le sol et crée, par chute ohmique, des différences de potentiel (fig. 1).

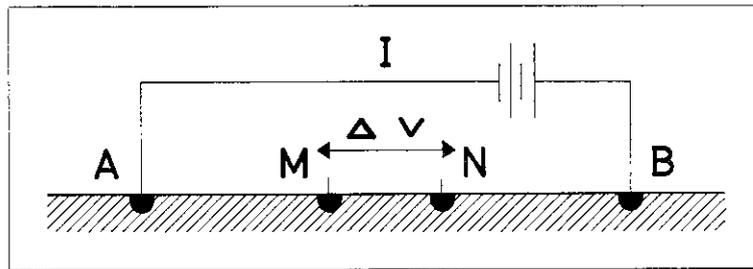


Fig. 1. Schéma du dispositif Schlumberger permettant la mesure des résistivités du sous-sol

Pour peu que l'on connaisse l'intensité I du courant ainsi que la différence de potentiel  $\Delta V$  entre les deux piquets auxiliaires M et N, la résistivité du sous-sol se calcule aisément, elle est:

$$\text{Résistivité} = K \frac{\Delta V}{I}$$

K est déterminé par les dimensions du dispositif de mesure. Cette résistivité est un paramètre physique des roches qui, nous l'avons dit, peut, dans les cas favorables, suffire à les caractériser.

On démontre que la profondeur d'investigation et plus généralement le volume du sous-sol touché par les mesures électriques sont fonction, entre autres choses, de la longueur de la ligne d'émission AB. Cette relation est mise à profit dans ce qu'il est convenu d'appeler le *sondage électrique*. En effet lors d'un sondage électrique, l'opérateur allonge progressivement AB de façon à «enfoncer» de plus en plus le courant dans le sous-sol. Ces sondages permettent de calculer l'épaisseur des formations rocheuses traversées successivement par le courant électrique.

A côté des sondages électriques le géophysicien fait un grand usage des cartes de résistivité. Dans un exposé des buts et méthodes de la prospection électrique, notre maître E. Poldini, définit les cartes de résistivité de la façon suivante (E. Poldini, 1940):

«Dans de nombreux cas de prospection il n'est pas nécessaire de connaître la succession des résistivités sur la verticale, mais il est préférable d'explorer horizontalement une tranche de terrain d'épaisseur régulière. On établit alors une «carte des résistivités» réalisée par la mesure successive, en de multiples points et avec un dispositif, de la résistivité apparente du sol sous-jacent. Comme le dispositif est invariable la profondeur d'investigation est constante et il s'agit finalement de l'exploration horizontale d'une tranche de terrain, dont on choisit l'épaisseur en donnant à la ligne L une longueur optimum donnée. Les mesures sont reportées sur une carte topographique, des courbes d'équirésistivité sont tracées par interpolation.

Souvent il y a intérêt à établir, pour la même région, deux cartes de résistivités avec des profondeurs d'investigation différentes; l'une petite, faisant ressortir l'action des terrains superficiels, l'autre plus grande, pour explorer le sous-sol plus profondément.

La carte des résistivités est fréquemment l'analogue d'une carte géologique, où les différentes roches, quoique cachées par des recouvrements, sont caractérisées par leur paramètre résistivité électrique.»

Voyons dans quels cas la carte de résistivité est bien l'analogue d'une carte géologique ou, si l'on préfère, d'une carte pétrographique.

La conductibilité électrique des roches, on le sait, est de type ionique: elle est donc fonction, dans un milieu saturé, de la porosité, de la tortuosité et finalement de la texture de la roche étudiée. Or la classification des sédiments détritiques repose principalement sur la taille des éléments constitutifs, ainsi que sur la nature et l'abondance du ciment, caractères qui conditionnent la texture de la roche. En d'autres termes, pour les roches détritiques, le paramètre résistivité, choisi par le géophysicien comme base de sa classification, varie parallèlement au paramètre «grano-classement», fondement de la classification du pétrographe. Dans ce cas, pétrographe et géophysicien parlent des langues toutes proches. Si le milieu est saturé, la carte des résistivités est bien l'analogue d'une carte géologique.

Ce parallélisme heureux entre les critères du géophysicien et ceux du pétrographe disparaît si nous considérons, par exemple, la classification des roches carbonatées. Celle-ci s'appuie principalement sur l'étude du rapport  $\text{CaCO}_3/\text{MgCO}_3$  (A. Carozzi, 1953), rapport qui n'affecte qu'indirectement la conductibilité ionique de la roche. Dans ce cas, pétrographe et géophysicien ne parlent plus la même langue, l'analogie entre leurs classifications et leurs cartes n'apparaît plus immédiatement et une traduction laborieuse s'impose.

La plaine du Rhône, heureusement, est toute formée de terrains détritiques. Les deux cartes de résistivité que nous présentons peuvent donc être lues comme des cartes pétrographiques, pourvu que l'on tienne présentes à l'esprit les relations simples schématisées dans le graphique ci-dessous (fig. 2).

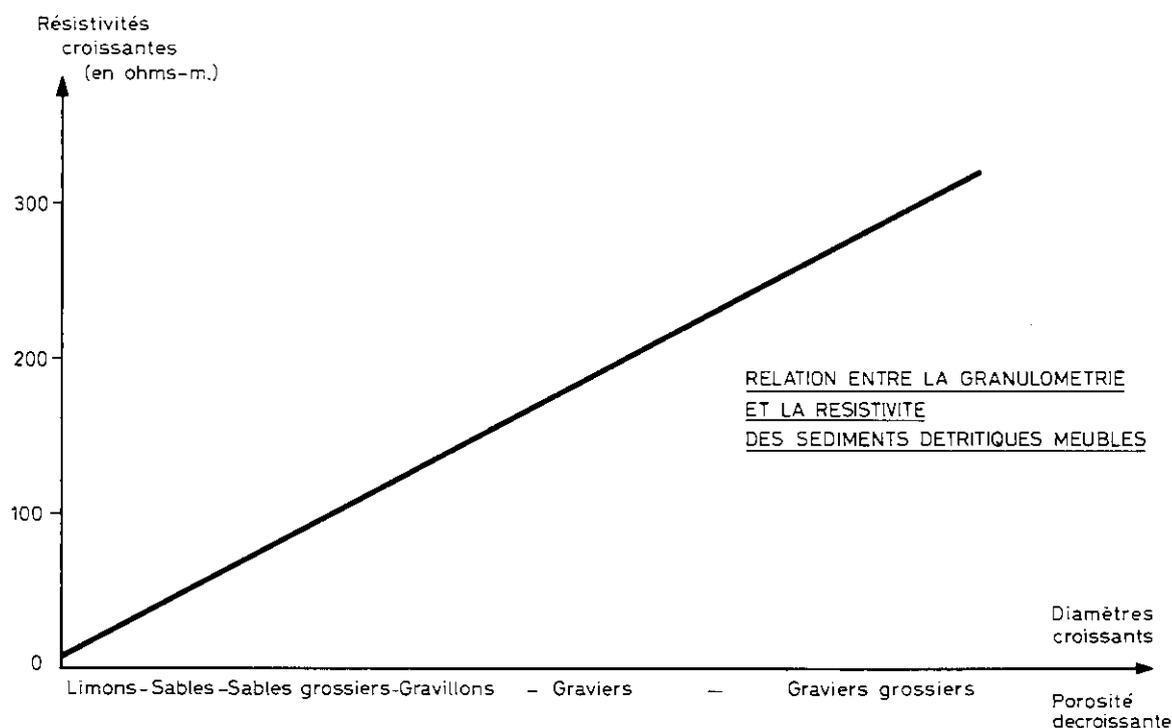


Fig. 2. Résistivités des roches détritiques saturées. (Echelle arbitraire)

Les bases de classification du naturaliste (en abscisse) sont en relation directe avec celles du géophysicien (en ordonnée).

Ce graphique n'est valable que pour des terrains saturés d'eau. Dans les cas, rares dans la plaine du Rhône, où l'eau manque, les résistivités croissent très rapidement. (Nous obtenons par exemple 200 ohms-m sur les collines sableuses de Noville-Chessel.) Cela n'est pas surprenant lorsque l'on sait que la conductibilité électrique des roches est de type électrolytique et que son inverse, la résistivité, peut se formuler comme suit:

$$\text{Résistivité de la roche} = \frac{1}{\text{Porosité} \times \text{Saturation}^2} \times \text{Résistivité du liquide} \times \text{Tortuosité}^2$$

Il va sans dire que les résultats des mesures sont affectés par les résistivités de plusieurs niveaux du sous-sol. Les valeurs reportées sur la carte, les résistivités apparentes, sont des moyennes complexes des résistivités vraies de chacune des couches traversées par les filets de courant.

### Les travaux exécutés

Nous présentons ici deux cartes de résistivité. La première (planche I) couvre la partie vaudoise de la plaine du Rhône, entre Villeneuve et Saint-Maurice; elle a été dressée grâce à plus de 8000 mesures effectuées avec un dispositif long de 40 mètres et reflète la constitution pétrographique des 12 ou 15 premiers mètres du sous-sol.

Notre seconde carte (planche II) concerne la plaine du Rhône dans son ensemble, rive gauche et rive droite; elle groupe un peu plus de 1000 mesures faites avec un dispositif long de 200 mètres, qui permet l'investigation des quelques 50 ou 60 premiers mètres du sous-sol.

Près de 500 sondages électriques, ainsi que de nombreux sondages mécaniques, sont venus confirmer et préciser les informations fournies par les cartes de résistivité. Il est trop tôt pour développer ici les résultats de ces sondages, nous espérons pouvoir y revenir ultérieurement.

### Que déduire des cartes de résistivité présentées ?

Notre ambition n'est pas de formuler toutes les hypothèses que peut faire naître la répartition des résistivités dans la plaine du Rhône; la géologie est déjà très riche en hypothèses. Nous ne désirons pas d'avantage énumérer tous les faits qui ressortent de nos mesures; les cartes parlent d'elles-mêmes.

Bornons-nous à indiquer quelques lignes directrices:

1. La répartition des résistivités reproduit dans le détail la répartition des divers terrains détritiques. Les basses résistivités apparentes correspondent à une prépondérance des termes fins de la série détritique, les hautes résistivités à une prépondérance des termes grossiers.

La seule exception importante à cette règle apparaît, nous l'avons déjà signalé, aux collines de Noville-Chessel.

2. La carte qui constitue la planche II montre des niveaux géologiques plus profonds et, par conséquent, plus anciens que ceux visibles sur la planche I. Comparer ces deux cartes revient donc à étudier l'évolution du remplissage de la plaine au cours des derniers millénaires.

Le cas de l'Eau Froide constitue un bon exemple. Cette rivière a formé, d'une part, un cône graveleux au S.W. de Roche (planche II) et, d'autre part, un long chenal de graviers et de sables entre Roche et le Léman (planche I). L'histoire de cette région pourrait donc s'écrire comme ceci:

- a) Formation sous-lacustre du cône au S.W. de Roche.
- b) Emersion.
- c) Formation d'une Eau Froide de Villeneuve à Roche (peut-être par capture). Déposition des graviers.
- d) Immersion. Dépôt des 6 ou 7 mètres de sables et limons qui recouvrent le chenal graveleux.
- e) Emersion. Stade actuel.

Les sondages mécaniques ont retrouvé, à l'est de Chessel, les traces d'une émerision suivie d'une immersion; cela sous la forme de tourbes recouvertes par 8 mètres de graviers fluviolacustres.

3. D'une façon générale, la comparaison de la planche II et de la planche I met en évidence une certaine constance de la répartition des sédiments détritiques dans la plaine. Par exemple, les deux angles morts, de part et d'autre du rocher de Saint-Triphon, n'ont reçu au cours des millénaires que des sables limoneux, tandis que, dans l'axe de la plaine, il n'est pas rare de trouver des graviers sur plus de 70 mètres d'épaisseur, jalonnant les anciens cours du Rhône

4. L'observation conduit à imaginer un lac ancien en lente hausse, seule explication possible à l'épaisseur et à la permanence des chenaux graveleux. Plus récemment, ce lac aurait vu son niveau s'abaisser à partir de la cote 400 ou 405, cote à laquelle nous observons des limons stratifiés, à proximité de Saint-Triphon par exemple.

Ce schéma d'ensemble n'exclut pas, cela va de soi, de nombreuses variations secondaires du niveau du lac.

5. La bande graveleuse mise en évidence par nos cartes, occupe le centre de la plaine; cela est dû à la forme en U de l'auge glaciaire préexistante. Les irrégularités dans cette disposition s'expliquent par la présence de cônes latéraux importants.

6. Les cheminements anciens du Rhône, tels qu'ils ressortent de nos mesures, n'ont pas été affectés par la présence des collines de Noville-Chessel. C'est pourquoi nous ne saurions voir de masse rocheuse éboulée dans cette zone et moins encore de moraine importante. Un écroulement de glace (glacier suspendu?) nous semble pouvoir expliquer les effets mécaniques subis par les dépôts de sables et gravillons de cette région, ainsi que la très fine pellicule d'éléments morainiques qui, par place, recouvre ces dépôts.

## Conclusions

Les cartes que nous publions ici et les quelques lignes qui les accompagnent montrent, du moins nous l'espérons, comment la géophysique peut venir relayer la géologie là où le marteau devient inefficace.

Quoi qu'il en soit, ces cartes sont précieuses pour les ingénieurs, à qui elles indiquent la situation des graviers et des terrains de fondation, pour les hydrologues, qui ont ainsi une image d'ensemble de la répartition des aquifères profonds, et pour les géophysiciens, qu'elles confirment dans la certitude que dix mille «bêtes mesures» valent mieux que le flair le plus aigu.

## Bibliographie

- E. Poldini* (1940): Quelques résultats de prospection électrique. Bull. Lab. Géologie Univ. Lausanne, no. 69.
- A. Carozzi* (1953): Pétrographie des roches sédimentaires. Rouge, Lausanne.
- O. Friedenreich* (1959): Eine grossräumige Widerstandskartierung nordwestlich von Zürich und ihre geologische Deutung. Beiträge zur Geologie der Schweiz, Geophysik Nr. 2.

PUBLICATION N°7

CARTE DES RESISTIVITES DE LA PLAINE DU RHONE

Par Camille Meyer de Stadelhofen

PLANCHES

2 PLANCHES :

|              |            |
|--------------|------------|
| PLANCHE I :  | 5 FEUILLES |
| PLANCHE II : | 2 FEUILLES |

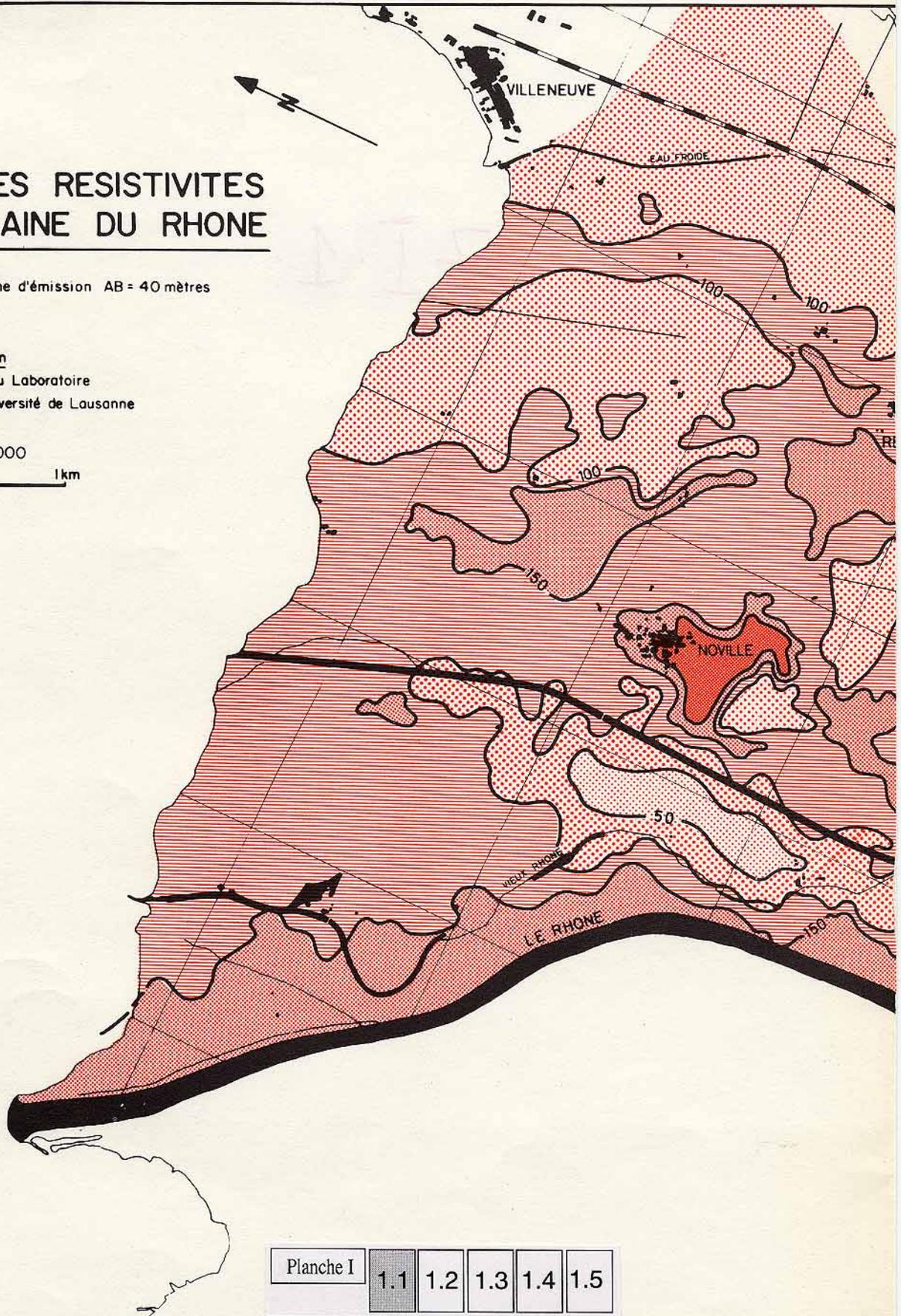
# CARTE DES RESISTIVITES DE LA PLAINE DU RHONE

Etablie grace à une ligne d'émission AB = 40 mètres

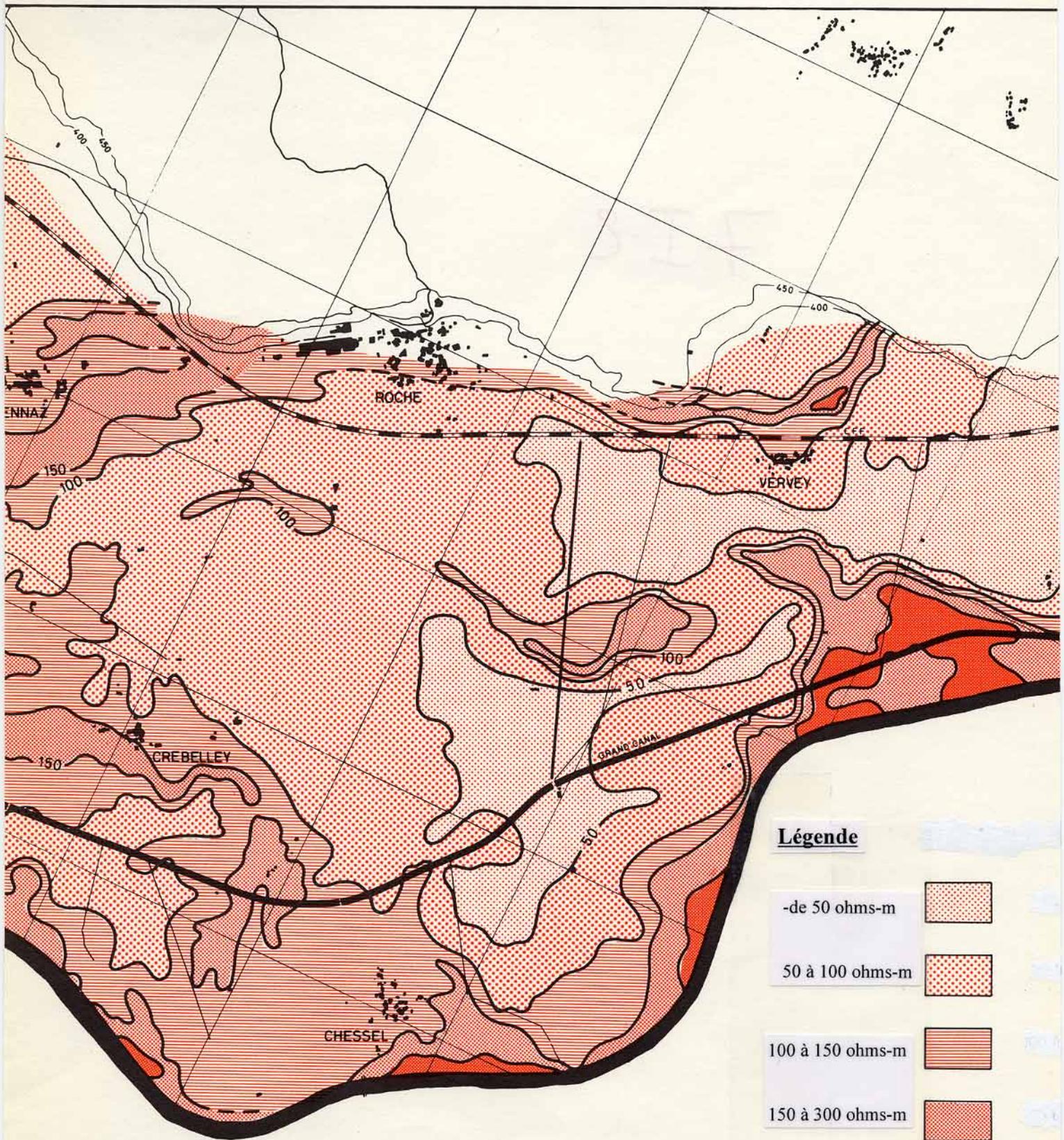
par  
C. Meyer de Stadelhofen  
et les collaborateurs du Laboratoire  
de Géophysique de l'Université de Lausanne

Echelle 1 : 25'000  
0 1km

LAC LEMAN



|           |     |     |     |     |     |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Planche I | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|



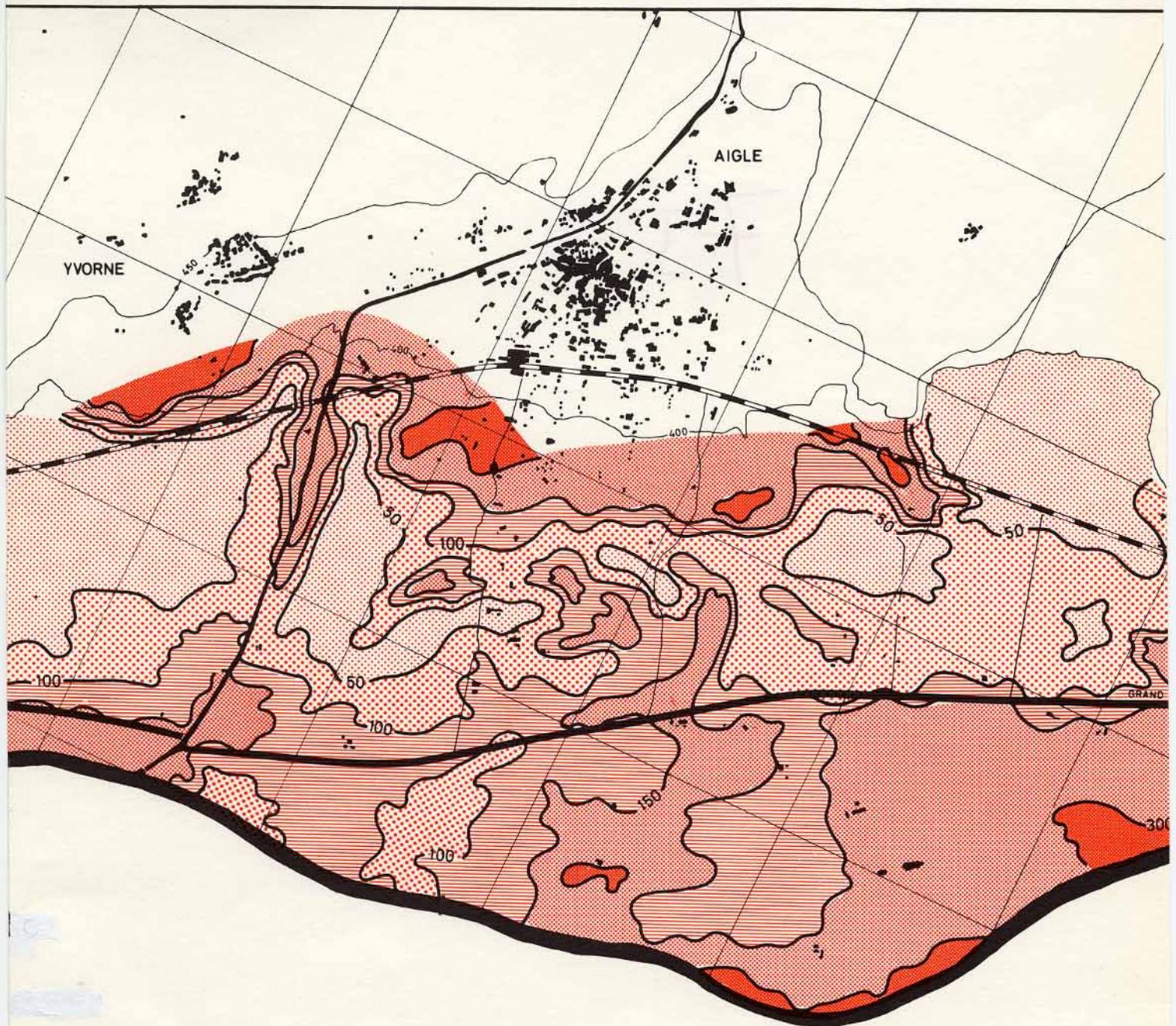
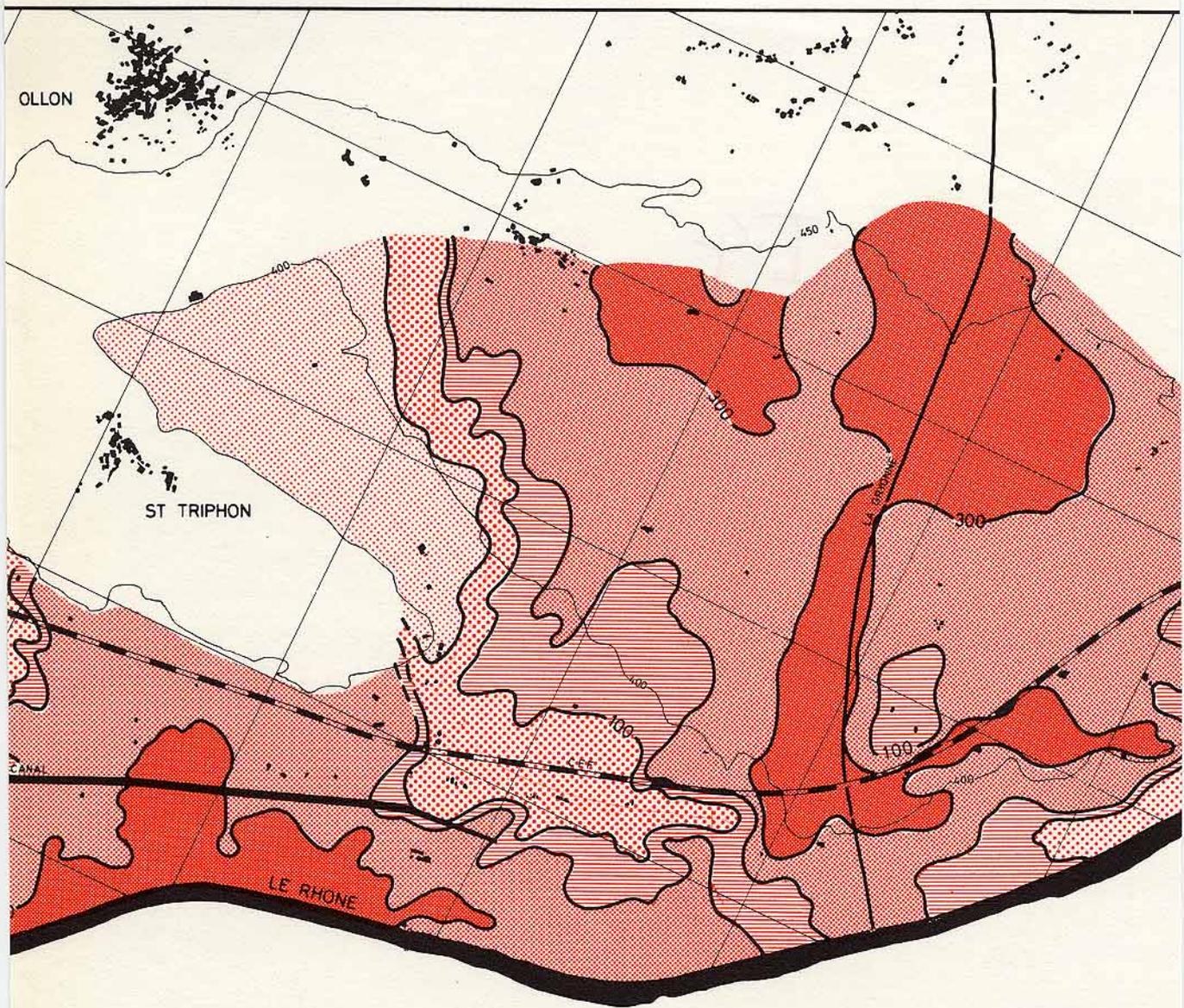


Planche I

|     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 |
|-----|-----|-----|-----|-----|



|           |     |     |     |     |     |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Planche I | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|



|           |     |     |     |     |     |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Planche I | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|

# CARTE DES RESISTIVITES DE LA PLAINE DU RHONE

Etablie grace à une ligne d'émission AB = 200 metres

par  
C. Meyer de Stadelhofen  
et les collaborateurs du Laboratoire  
de Géophysique de l'Université de Lausanne

