Cartographie directionnelle de la résistivité électrique des formations géologiques du delta de l'Areuse (Canton de Neuchâtel, Suisse) par la méthode géophysique électromagnétique VLF-R

Autor(en): **Müller, Imre / Kettiger, Christian**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Neuchâteloise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **110 (1987)**

PDF erstellt am: **30.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-89279

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

CARTOGRAPHIE DIRECTIONNELLE DE LA RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE DES FORMATIONS GÉOLOGIQUES DU DELTA DE L'AREUSE (CANTON DE NEUCHÂTEL, SUISSE) PAR LA MÉTHODE GÉOPHYSIQUE ÉLECTROMAGNÉTIQUE VLF-R

par

IMRE MÜLLER[1] et CHRISTIAN KETTIGER[2]

AVEC 1 FIGURE

1. INTRODUCTION

Depuis sa fondation, le Centre d'hydrogéologie de l'Université de Neuchâtel travaille activement dans le domaine de la recherche fondamentale pour la mise en valeur des aquifères karstiques. Récemment, une instrumentation géophysique électromagnétique a été développée pour la localisation précise et rapide des zones fracturées et karstifées (MÜLLER 1983, FISCHER et *al.* 1983).

L'efficacité de ces méthodes nous a incités à étendre les investigations et à entreprendre des expériences dans les aquifères à porosité interstitielle. C'est ainsi que, parallèlement à des études géoélectriques classiques, la cartographie de la résistivité apparente des formation géologiques du delta de l'Areuse a été entreprise par la méthode électromagnétique VLF-R (Very Low Frequency-Resistivity).

2. PRINCIPE DE LA MÉTHODE VLF-RÉSISTIVITÉ

L'onde électromagnétique produite par des émetteurs VLF (Very Low Frequency) peut être avantageusement utilisée comme source d'énergie pour la prospection géophysique (KELLER et FRISCHKNECHT 1979). Le récepteur VLF mesure l'intensité du champ magnétique (Hy) du signal par son antenne et son composant électrique (Ex) au sol à l'aide de deux électrodes. Connaissant la fréquence (F) de l'émetteur, il est possible de mesurer la résistivité de la roche selon la relation:

[1] Centre d'hydrogéologie de l'Université, 11, rue Emile-Argand, 2000 Neuchâtel 7.
[2] P.D.O., Oman.

$$\rho_a = \left(\frac{Ex}{Hy}\right)^2 \frac{1}{2\pi \cdot \mu_0 \cdot F}$$

ρ_a en Ohm·m; Ex en Volt/m; Hy en Ampère/m; μ en Henry/m (ici constant: $\pi \cdot 4 \cdot 10^{-7}$); F en Hertz.

La fréquence utilisée détermine la profondeur d'investigation comme suit:

$$P_{(m)} = 503\sqrt{\rho a/F}$$

Il existe de nombreux émetteurs dans toutes les directions. Notre récepteur VLF est un prototype construit par nous-même, et il peut capter tous les émetteurs (une soixantaine) entre 15 et 240 kHz, ce qui nous permet de mesurer rapidement dans différentes directions à chaque station et ceci à différentes profondeurs.

Puisque les deux électrodes au sol qui détectent le champ électrique (Ex), ne sont séparées que de 5 m, chaque mesure peut être considérée comme ponctuelle, semblable à un forage de 5 m de diamètre. Le VLF n'homogénéise pas le terrain, malgré sa profondeur de pénétration notable. *Les mesures étant directionnelles, les propriétés électriques directionnelles de la roche peuvent être analysées rapidement.*

Chaque mesure fournit deux paramètres:

- une valeur de la résistivité (Ohm·m), donnée identique au paramètre obtenu par les méthodes géoélectriques, et qui caractérise la nature lithologique des formations géologiques;
- une valeur de la «phase» entre 0^0-90^0; il s'agit d'une valeur de déphasage entre le composant électrique et magnétique du signal, polarisé perpendiculairement quand il progresse dans une masse homogène et isotrope. Puisque nous mesurons sa valeur par rapport à la direction de sa propagation, nous obtenons pour la matière homogène et isotrope une valeur de 45^0 dans toutes les directions mesurées. Tel est souvent le cas dans les argiles, roches homogènes et isotropes. Un déphasage différent de 45^0 signifie par contre que la roche est anisotrope en raison d'une situation de bicouche ou encore parce qu'elle est fracturée. Il va de soi que les cas arrivent souvent simultanément. *Les phénomènes sédimentaires, tels l'orientation des grains, l'alignement des limons dans le sens des paléocourants, provoquent également une faible anisotropie.*

Quand une fracture subverticale et électriquement conductrice se développe dans une roche résistante, il est toujours possible d'effectuer des mesures VLF parallèles et perpendiculaires à son tracé. On parlera alors de mesure en situation de *«polarisation E»*, parallèle au conducteur, et de *«polarisation H»*, perpendiculaire au conducteur (FISCHER et *al.* 1983).

Un conducteur va influencer, augmenter ou diminuer la valeur de la résistivité et de la phase comme suit:

- polarisation E: augmentation de la résistivité et diminution de la phase;

– polarisation H: diminution de la résistivité et augmentation de la phase.

En effectuant à la même station plusieurs mesures directionnelles, il est dès lors possible de chercher la grande résistivité et la petite phase qui identifient la direction du conducteur. Dans le cas présent, la plus forte résistivité d'une station donne la direction de l'alluvionnement.

Grâce à ce principe et à l'aide du degré d'anisotropie de la station, exprimé par le rapport de la plus grande et de la plus petite résistivité (ρmax/ρmin), et par la différence maximum des déphasages de la station, il est possible d'analyser les propriétés électriques directionnelles des formations géologiques. Les stations dont le coefficient est supérieur à 1,5 sont marquées par une flèche.

Pour une situation de bicouche, la règle est la suivante:

– un conducteur en surface, limons sur gravier, diminue la phase;
– un résistant sur un conducteur, gravier sur limons, augmente la phase.

Les mesures VLF sont très simples à exécuter: on tourne l'antenne dans la direction de l'émetteur et on aligne les deux électrodes capacitives dans le même azimut. A l'aide de deux potentiomètres, on cherche l'extinction du signal radio dans le casque d'écoute et on obtient alors par affichage digital la résistivité apparente, ainsi que la valeur de la phase. On répète ces mesures à chaque station dans différentes directions en choisissant des émetteurs qui se trouvent dans le même domaine de fréquence. Les valeurs directionnelles de la résistivité et des phases servent ensuite à élaborer des cartes de résistivité avec l'indication de l'intensité et de la direction de l'anisotropie.

3. CARTOGRAPHIE DU DELTA DE L'AREUSE

La carte du delta de l'Areuse est illustrée par la figure 1. L'orientation des quatre fréquences radio utilisées, ainsi que les valeurs directionnelles de la résistivité apparente en Ohm·m y sont représentées. On peut distinguer environ trois catégories de résistivité:

– les valeurs inférieures à 100 Ohm·m représentent des sables limoneux peu perméables;
– les résistivités apparentes entre 100 et 200 Ohm·m caractérisent des graviers sablo-limoneux, moyennement perméables;
– les valeurs de résistivité supérieures à 200 Ohm·m indiquent la présence des graviers plus ou moins propres et perméables.

Les flèches représentent la direction de l'anisotropie des stations, c'est-à-dire les valeurs de la plus grande résistivité. Celle-ci traduit la direction de l'alignement des conducteurs dans le terrain, ce qui correspond ici à la disposition des limons et des lentilles argileuses alignées dans les sables et les graviers selon les mécanismes de la sédimentation fluviatile dans la région d'un delta. Les profondeurs d'investigation des mesures se situent entre 30 et 60 m selon la résistivité des terrains.

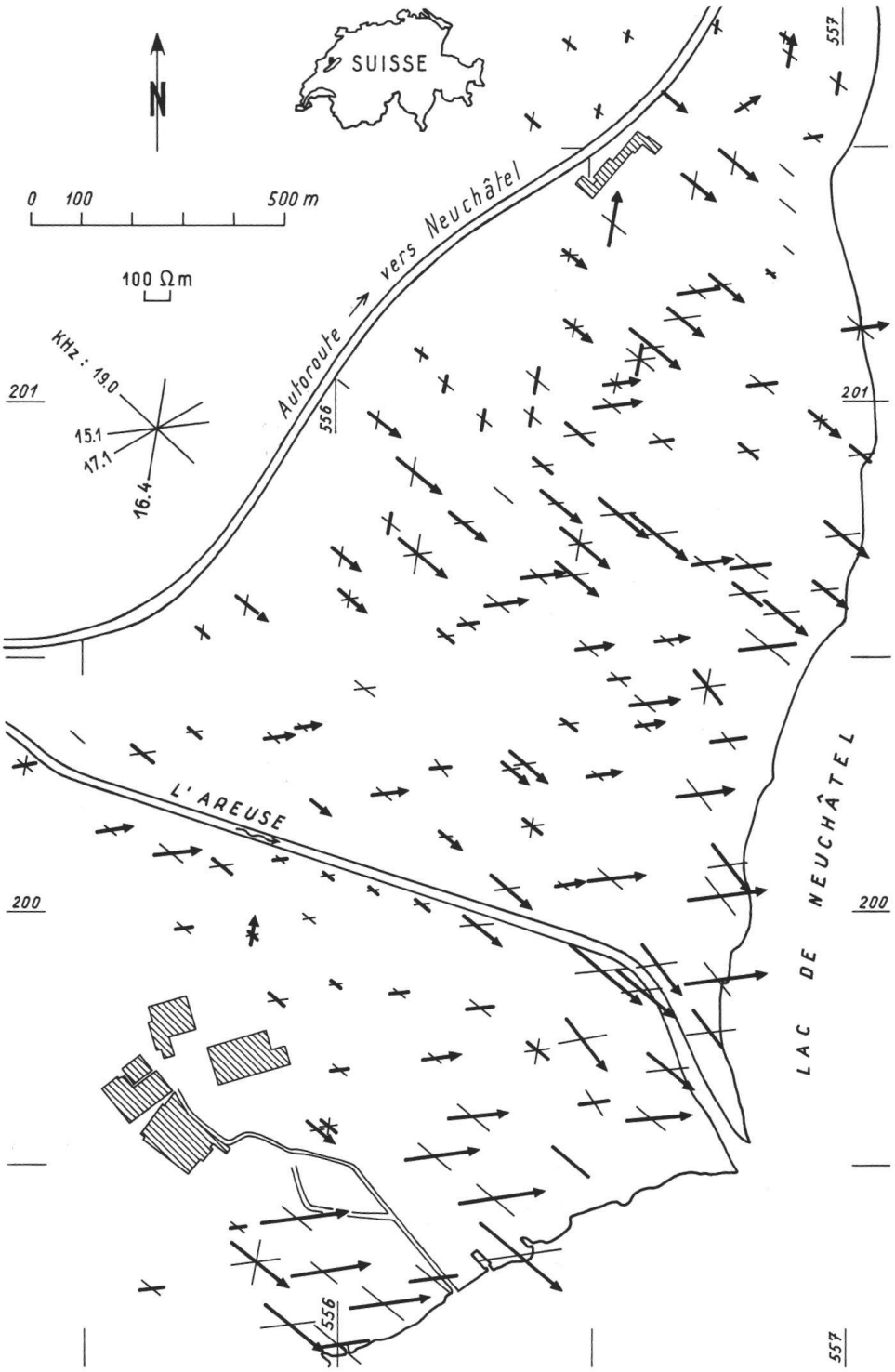

Fig. 1. Valeurs directionnelles de la résistivité apparente (Ohm·m) dans les formations géologiques de la plaine du delta de l'Areuse, illustrées conformément à l'orientation des fréquences utilisées.
Pour les stations dont le coefficient d'anisotropie (ρmax/ρmin) est supérieur à 1,5, les données de la résistivité en «polarisation E» comportent des flèches.

On remarquera qu'il existe une grande diversité dans la distribution de la résistivité. Quelques tendances se dégagent toutefois, valables également pour la répartition de l'anisotropie.

- Au nord de l'autoroute, les formations géologiques sont peu résistantes et isotropes. Il s'agit de roches peu perméables.
- Entre l'autoroute et l'Areuse, une grande diversité existe dans les valeurs, mais on devine un ancien chenal perméable, marqué par de fortes résistivités. L'anisotropie pour la majorité des stations est N140^0. A quelques exceptions près, l'anisotropie de la résistivité ne s'aligne jamais dans la direction de N10^0.
- Le rivage sud de l'Areuse semble être colmaté sur plusieurs centaines de mètres.
- La partie sud du delta comprend des résistivités élevées avec une anisotropie orientée E-W. Il s'agit là des graviers perméables.

4. CONCLUSIONS

La cartographie directionnelle de la résistivité apporte des renseignements intéressants pour l'hydrogéologue qui cherche à mettre en évidence l'orientation de l'alluvionnement des anciens cours d'eau. Les propriétés anisotropes des dépôts fluviatiles et fluvio-glaciaires permettent de les différencier, à valeurs égales de résistivité, des autres sédiments quaternaires qui ont des caractéristiques isotropes, telles les moraines. La connaissance régionale de la valeur et de l'orientation de l'anisotropie renseigne également sur l'organisation de la perméabilité au sein de l'aquifère, dont il faudra tenir compte dans l'établissement des zones de protection autour des captages.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs remerciements à Mme F. Mauroux pour la dactylographie du manuscrit, et à M. G. Papaux pour l'exécution des travaux de dessin.

Résumé

Dans la plaine du delta de l'Areuse, la résistivité apparente directionnelle (Ohm·m) de la roche est cartographiée à l'aide de la prospection électromagnétique VLF-R (Very Low Frequency-Resistivity). Les propriétés anisotropiques des sédiments fluviatiles, mises en évidence par cette méthode, renseignent sur la direction des paléocourants et fournissent une base de réflexion à l'hydrogéologue pour étudier la distribution spatiale des perméabilités.

Zusammenfassung

Im flachen Delta der Areuse wurde der richtungsabhängige scheinbare Widerstand mit VLF-R, einer elektromagnetischen Methode, kartiert. Die anisotropen Eigenschaften der fluviatilen Sedimente widerspiegeln, durch diese Methode sichtbar gemacht, die Paleostruktur des Gerinnes. Die Kenntnis dieser Struktur ist Grundlage für die Vorstellung über räumliche und zeitliche Entwicklung der Durchlässigkeitsverteilung in diesem Gebiet.

BIBLIOGRAPHIE

FISCHER, G., LE QUANG, B. V. et MÜLLER, I. – (1983). VLF ground surveys, a powerful tool for the study of shallow two-dimensional structures. *Géophysical Prospecting* 31: 977-991, 9 fig.

KELLER, G. V. et FRISCHKNECHT, F. C. – (1979). Electrical methods in Geophysical Prospecting. 523 pp., 283 fig., *Oxford* (Pergamon Press).

MÜLLER, I. – (1983). Anisotropic properties of rocks detected with electromagnetic VLF (Very Low Frequency) measurements. *Proc. Internat. Symp.: Field Measurements in Geomechanics*, 5-8 sept. 1983, *Zürich:* 273-282, 5 fig.