

Zeitschrift: Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure
Band: 36 (1969-1970)
Heft: 90

Artikel: Essai de délimitation en profondeur des formations molassiques de Suisse Romande au moyen de l'analyse discriminante appliquée aux modèles linéaires de la résistivité électrique mesurée à la surface
Autor: Favini, G.C.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-196636>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.10.2024

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Essai de délimitation en profondeur des formations molassiques de Suisse Romande au moyen de l'analyse discriminante appliquée aux modèles linéaires de la résistivité électrique mesurée à la surface

Avec 5 figures dans le texte

par G. C. FAVINI*)

La molasse du plateau de Suisse Romande appartient à trois formations géologiques principales correspondant aux étages Chattien, Aquitaniens et Burdigalien. Nous utilisons par la suite ces termes géologiques dans le sens de formation.

Les critères qui permettent l'attribution d'un affleurement ou d'une carotte de forage à l'une des trois formations ou à l'un de ces membres, sont rarement paléontologiques mais le plus souvent lithologiques. Parfois, lorsque l'affleurement est petit ou altéré, l'attribution peut être difficile, voir impossible.

Nous avons montré (MEYER DE STADELHOFEN, 1965; FAVINI, 1966, 1970) que des mesures de résistivité électrique effectuées in situ, peuvent suffire, dans des cas favorables, à déterminer l'appartenance d'un affleurement à l'une des formations molassiques déjà citées (fig. 1).

L'avantage de la méthode électrique c'est d'une part sa grande rapidité, d'autre part la possibilité d'individualiser les molasses non seulement en affleurement mais aussi sous une faible couverture quaternaire (subaffleurement).

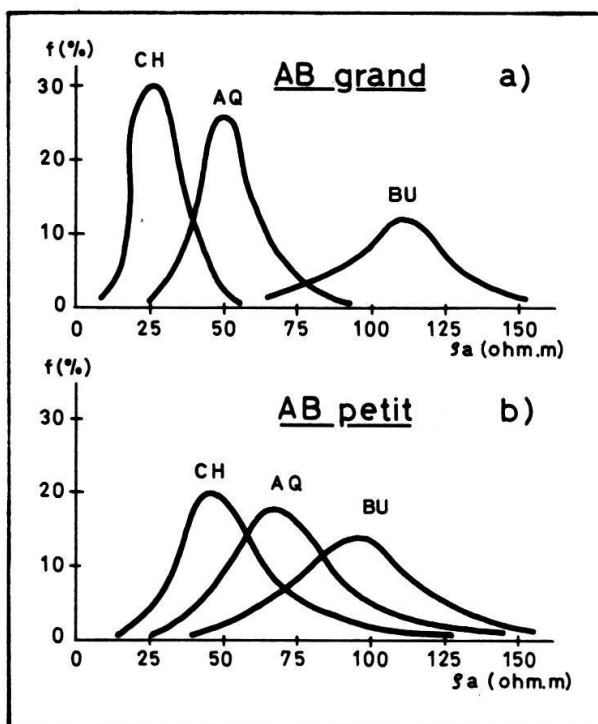


Fig. 1:
Distributions des résistivités électriques.
145 sondages électriques sur
subaffleurement, dispositif Schlumberger AMNB.
Formations: CH: Chattien, AQ:
Aquitaniens, BU: Burdigalien.

* Institut de Géophysique de l'Université de Lausanne. 18 C. Roux, Lausanne.

Malheureusement, on peut s'en rendre compte sur la figure 1, il existe, surtout pour les mesures en petites lignes, des superpositions des valeurs de résistivité attribuées au Chattien, à l'Aquitanien et au Burdigalien.

Cette difficulté nous a poussé à utiliser les fonctions discriminantes pour améliorer le pouvoir séparateur de nos mesures de résistivité électrique.

Tableau 1 Fonctions discriminantes pour la résistivité

Fonction discriminante	Terme constant	Coefficients		
Numéro 1: Chattien	— 1,314	0,047	—0,029	0,054
Numéro 2: Aquitanien	— 3,345	0,053	—0,008	0,070
Numéro 3: Burdigalien	—12,254	0,026	—0,014	0,213

Dans le tableau 1 nous reportons les coefficients des fonctions discriminantes pour les trois formations molassiques de notre étude. Ces coefficients ont été déterminés grâce à trois valeurs de résistivité prises dans chacun des 145 sondages électriques que nous avons effectués en Suisse Romande et en Haute Savoie (fig. 2).

Nous avons utilisé le programme «Discriminant Analysis» publié par IBM (1967) qui, en plus des coefficients, calcule l'efficacité des fonctions discriminantes (distance de Mahalanobis) et la probabilité d'appartenance de chaque sondage électrique à une formation donnée. Les calculs ont été effectués sur l'ordinateur CDC 3800 de l'Université de Genève.

Un exemple peut faciliter la compréhension de la technique statistique employée.

Soient 53, 45, 37 ohm. m les résistivités mesurées respectivement par les lignes AB = 40, 60, 100 mètres sur un subaffleurement non déterminé. En ne tenant compte que des distributions de fréquence, ces valeurs peuvent être attribuées avec une même probabi-

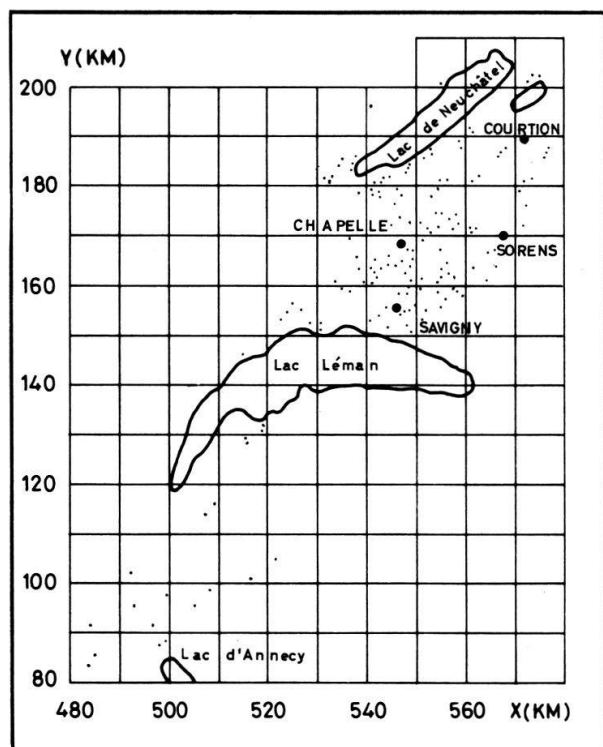


Fig. 2: Emplacement des sondages électriques sur subaffleurement et des forages pétroliers testés.

lité, soit au Chattien soit à l'Aquitainien. Nous calculons alors la valeur des trois fonctions discriminantes suivantes :

$$\text{Fonction 1 (Chatt.)} = -1,314 + 0,047.53 - 0,029.45 + 0,054.37 = 1,92$$

$$\text{Fonction 2 (Aquit.)} = -3,345 + 0,053.53 - 0,008.45 + 0,070.37 = 1,74$$

$$\text{Fonction 3 (Burd.)} = -12,254 + 0,026.53 - 0,014.45 + 0,231.37 = -3,67$$

Puisque la fonction discriminante numéro 1 possède la valeur la plus forte, nous pouvons affirmer avec une bonne probabilité que le subaffleurement appartient aux formations molassiques chattiennes.

Les mesures de résistivité associées aux fonctions discriminantes sont donc efficaces, elles nous facilitent l'attribution d'un affleurement ou d'un subaffleurement à l'une des formations déjà citées.

Cependant nous voudrions aller plus loin; nous aimerions pouvoir, grâce aux mesures de résistivité que nous avons effectuées en surface, déterminer où se situent non seulement à la surface mais aussi en profondeur, les limites statistiques entre les trois groupes de résistivité ou, si l'on préfère, entre les trois formations molassiques: Chattien, Aquitainien, Burdigalien.

Pour effectuer ces prévisions, il faut pouvoir calculer des résistivités en de nombreux points à partir de quelques résistivités mesurées sur subaffleurement. La méthode des modèles linéaires ou des régressions multiples, permet de calculer en tout point de l'espace, des résistivités compatibles avec celles mesurées en un nombre limité de points.

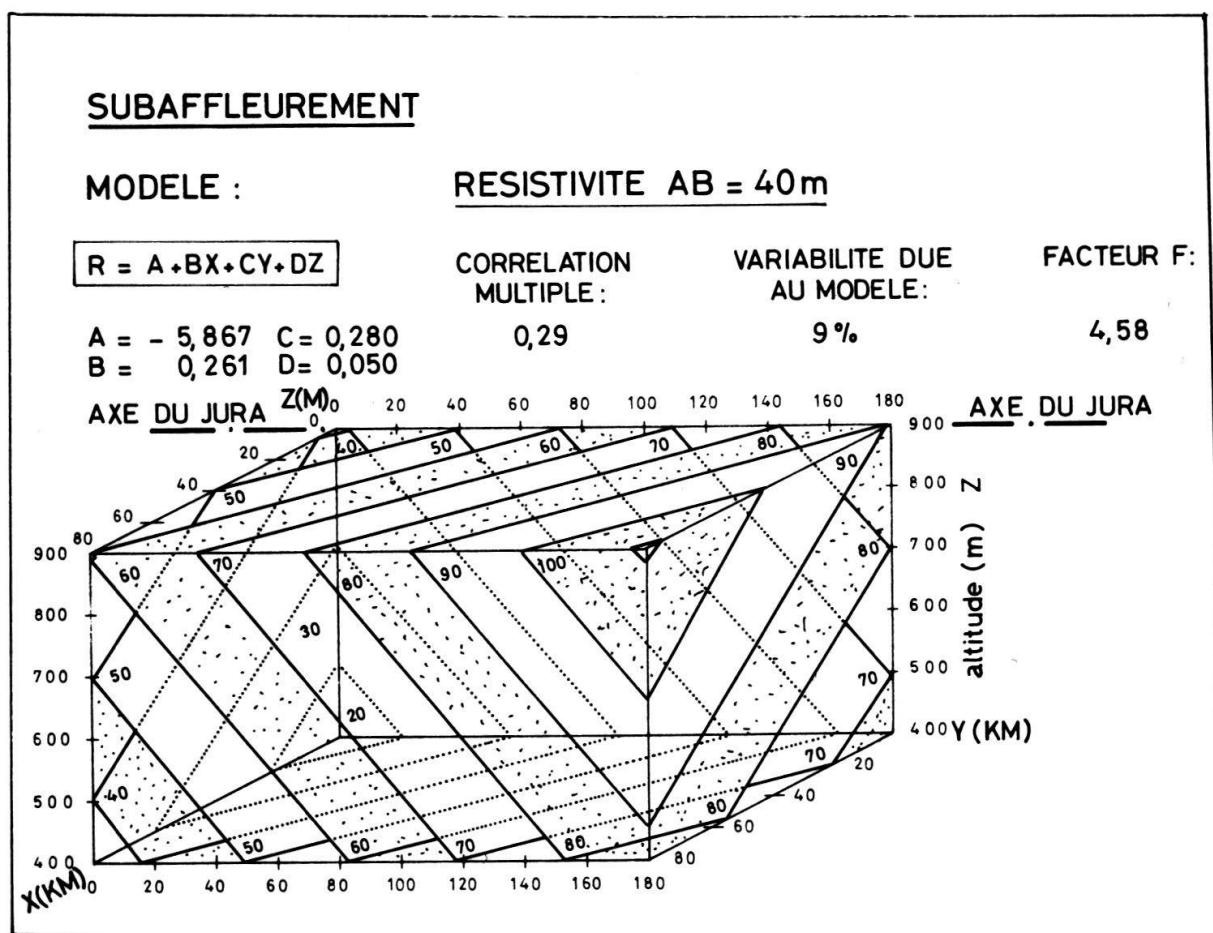


Fig. 3

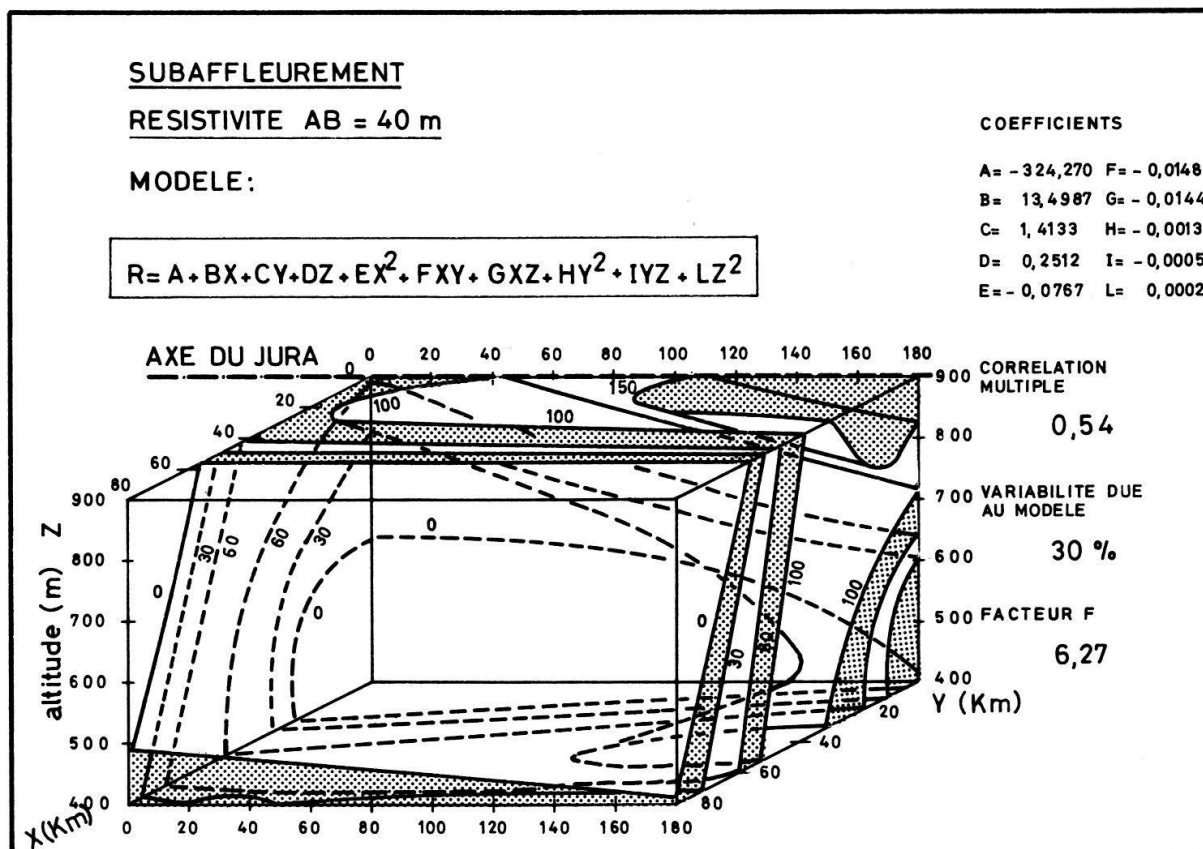


Fig. 4

Nous avons utilisé, toujours sur ordinateur CDC 3800, le programme «Multiple Regression» publié par IBM (1967) qui fournit les coefficients des modèles linéaires, l'erreur standard de ceux-ci, le coefficient de corrélation, la variabilité due au modèle et le test statistique F indiquant si le modèle est bien adapté au phénomène étudié.

Dans les figures 3 et 4 nous présentons les modèles graphiques du premier et du deuxième degré calculés à partir de 145 résistivités mesurées sur subaffleurement avec la ligne de 40 mètres. (Les coordonnées horizontales ont subi une translation de 440 et de 100 km par rapport aux coordonnées nationales suisses, afin de ramener l'origine plus près de la région étudiée et une rotation de -45° afin de rendre un des axes parallèle à la chaîne du Jura.)

Il devient maintenant possible, grâce aux modèles linéaires, de calculer les résistivités qui seraient mesurées avec les lignes 40, 60, 100 mètres d'un sondage électrique situé en n'importe quel endroit du bassin molassique et d'attribuer ces résistivités, grâce aux fonctions discriminantes, à l'une des formations de notre étude.

Pour tester la méthode, nous avons appliqué les modèles linéaires d'abord, les fonctions discriminantes ensuite, aux régions où se situent les quatre forages de reconnaissance pétrolière de Chapelle, Sorens, Courtion et Savigny. (fig 2). Nous obtenons ainsi des descriptions géologiques statistiques que nous pouvons comparer avec les descriptions obtenues par l'observation directe des échantillons des forages et reproduites dans la littérature. La plus ou moins bonne concordance des limites statistiques et stratigraphiques rend compte du degré d'efficacité de la méthode qui, il faut le rappeler, est basée uniquement sur des mesures de surface.

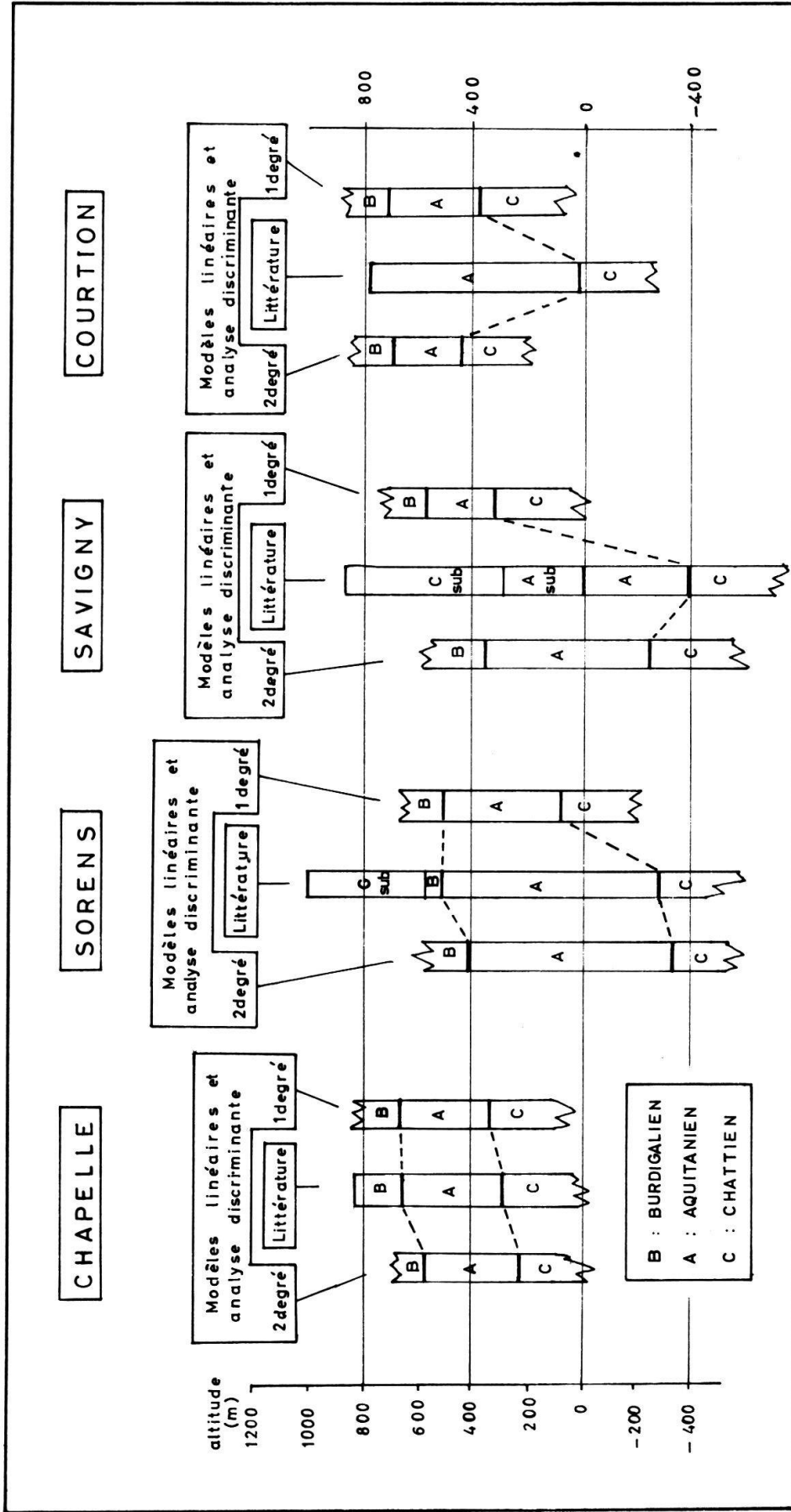


Fig. 5: Limites stratigraphiques et limites statistiques déterminées par analyse discriminante appliquée aux modèles linéaires de la résistivité électrique mesurée à la surface.

La figure 5 permet de comparer les limites stratigraphiques des sondages mécaniques et les limites statistiques calculées avec les fonctions discriminantes appliquées à des modèles linéaires du premier ou du deuxième degré de la résistivité électrique. Ces modèles sont calculés à partir de 106 sondages électriques situés sur le plateau molassique autochtone de Suisse Romande. Le tableau 2 présente les modèles linéaires utilisés ainsi que leurs variabilités, exprimées en pourcent de la variabilité totale des mesures, et le facteur d'efficacité. (La résistivité [R] est exprimée en ohm.m; les coordonnées horizontales transformées [X et Y] sont exprimées en kilomètres; l'altitude [Z] est exprimée en mètres.)

Tableau 2: Modèles linéaires de la résistivité électrique

Ligne AB (m)	Résistivité en fonction des coordonnées	Variabilité (%)	Facteur F
40	$R = -55,89 + 1,936.X + 0,222.Y + 0,090.Z$	40	22,39
60	$R = -78,81 + 1,922.X + 0,311.Y + 0,107.Z$	46	28,94
100	$R = -116,66 + 1,833.X + 0,430.Y + 0,146.Z$	55	41,48
40	$R = -722,30 + 9,490.X + 8,007.Y + 0,366.Z$ $-0,026.XY -0,005.XZ -0,001.YZ$ $-0,024.X^2 -0,025.Y^2$	46	9,26
60	$R = -690,15 + 11,253.X + 7,741.Y + 0,181.Z$ $-0,045.XY -0,004.XZ$ $-0,006.X^2 -0,024.Y^2$	51	11,14
100	$R = -493,85 + 10,006.X + 5,731.Y -0,087.Z$ $-0,052.XY -0,002.XZ$ $+0,008.X^2 -0,021.Y^2$	58	14,53

Les forages testés sont placés de telle sorte que l'on passe d'une situation centrale à une situation périphérique par rapport aux mesures de résistivité, en allant de Chapelle à Sorens et Savigny, puis à Courtion.

En général les modèles du premier degré donnent de bonnes précisions pour la limite Burdigalien-Aquitanién si elle existe, tandis que l'utilisation des modèles du deuxième degré donne de meilleurs résultats pour la limite Aquitanién-Chartien.

Nous observons que la limite stratigraphique Burdigalien-Aquitanién des deux forages de Chapelle et de Sorens, coïncide, à deux ou trois mètres près, avec la limite statistique calculée à partir des modèles linéaires du premier degré. Pour cette limite la valeur de la méthode est donc excellente.

Les modèles linéaires du deuxième degré prévoient les limites statistiques Aquitanién-Chartien avec une assez bonne précision. En effet pour le forage de Chapelle, la limite statistique se situe 60 mètres plus bas que la limite stratigraphique, elle-même incertaine d'après la littérature; ce qui correspond au plus à une erreur de 12% sur la profondeur du forage.

Pour le forage de Sorens la limite statistique se situe 70 mètres plus bas que la limite stratigraphique, ce qui correspond à une erreur de 5% sur la profondeur. Pour le forage de Savigny la limite statistique s'écarte de la limite stratigraphique de 70 mètres vers le haut; on a donc une erreur d'environ 11%. Pour le forage de Courtion situé à la périphérie nord de la région étudiée, l'écart entre les limites statistiques et stratigraphiques

est très important, environ 400 mètres. Ce qui nous amène à conclure que la prévision en profondeur des limites des formations molassiques à partir de la résistivité électrique et de la géologie de surface traitées avec les modèles linéaires et les fonctions discriminantes est valable seulement dans le cas où elle est limitée à la partie centrale d'une région prospectée géologiquement et géophysiquement. De plus nous pouvons affirmer que la précision sur la profondeur prévue est de l'ordre de 5% soit pour la limite Burdigalien-Aquitainien calculée avec les modèles du premier degré, soit pour la limite Aquitainien-Chattien calculée avec les modèles du deuxième degré.

Nous avons donc montré que des mesures de résistivité électrique faites en surface et traitées avec des méthodes statistiques adéquates, peuvent servir à différencier certaines formations molassiques et à prévoir leurs répartitions dans l'espace.

Dans ce travail nous n'avons utilisé que trois variables (trois résistivités) mais nous suggérons que d'autres propriétés quantifiables de la molasse soient mesurées et soumises à l'analyse statistique, non seulement pour différencier les formations mais aussi pour d'autres problèmes sédimentologiques tels que, par exemple, les variations séquentielles et les corrélations.

Remerciements

Nous remercions M. le Docteur BÜCHI (Swisspetrol) et M. le Professeur KLAUS (BP Fribourg) pour les données des forages mises à notre disposition, M. le Professeur MEYER DE STADELHOFEN qui a bien voulu suivre de près cette étude et M. OLIVIER, assistant à l'ordinateur de l'Université de Genève, pour les conseils de programmation.

Bibliographie

- BERSIER, A. (1938): Recherches sur la géologie et la stratigraphie du Jorat. Mém. Soc. vaud. Sc. nat., 6.
– (1958): Séquences détritiques et divagations fluviales. Ecl. Geol. Helv., 51.
- BERTSCHY, R. (1958): Geologie der Kreide und Molasse in der Umgebung von Grandson. Ecl. Geol. Helv., 51.
- BRIEL, A. (1962): Géologie de la région de Lucens. Ecl. Geol. Helv., 55.
- CRAUSAZ, C. (1959): Géologie de la région de Fribourg. Bull. Soc. frib. Sc. nat., 48.
- FAVINI, G. C. (1966): La résistivité électrique des molasses. Bull. Soc. vaud. Sc. nat., 69.
– (1970): Résistivité électrique et vitesse sismique des molasses de Suisse Romande et de Haute Savoie. Etudes statistiques par ordinateur CDC 3800. Thèse Lausanne.
- HARBAUGH, J., MERRIAM, D. (1968): Computer applications in stratigraphic analysis. Wiley, New York.
- IBM (1967): System/360 scientific subroutine package version II. Application description. IBM, technical publication department, New York.
- INGLIN, H. (1960): Molasse et quaternaire de la région de Romont. Bull. Soc. frib. Sc. nat., 49.
- International Symposium (1964): Applications of statistics, operations research and computers in the mineral industry. Quart. Colorado Sch. of Mines, 59.
- JORDI, A. (1955): Geologie der Umgebung von Yverdon. Mat. Carte géol. suisse, ns, 99.
- KRUMBEIN, W. C., GRAYBILL, F. (1965): An introduction to statistical models in geology. McGraw, New York.
- LEMCKE, K. (1959): Das Profil der Bohrung Chapelle I. Bull. ASP, 70.
– (1963): Die Ergebnisse der Bohrung Savigny I bei Lausanne. Bull. ASP 78.
- MEYER DE STADELHOFEN, C. (1965): Résistivités des molasses du plateau vaudois. Arch. des Sciences, Genève, 18.
- MORNOD L. (1949): Géologie de la région de Bulle. Ecl. Geol. Helv., 38.
- PERRY, O. (1960): Geological completion report for Courtion No 1. BP Fribourg. Rapport non publié.
– (1961): Geological completion report on Sorens No 1. BP Fribourg. Rapport non publié.
- RAMSEYER, R. (1952): Geologie des Wistenlacherberges. Ecl. Geol. Helv., 45.
- RIGASSI, D. (1957): Le Tertiaire dans la région genevoise et savoissienne. Bull. ASP 24.
- RUMEAU, J. L. (1954): Géologie de la région de Payerne. Thèse Fribourg.
- SCHROEDER, J. W. (1957): Géologie du pétrole des régions lémanique, genevoise et savoyarde (bassin molassique périalpin). Bull. ASP 65.
- SIEBER, R. (1959): Géologie de la région occidentale de Fribourg. Bull. Soc. frib. Sc. nat., 48.
- VERNET, J. P. (1956): La géologie des environs de Morges. Ecl. Geol. Helv., 49.

