

Organisation tridimensionnelle du massif d'Échassières et bilan des mesures géophysiques de surface

J. L. Vignerese *

Mots-clés : Levé magnétique, Levé électrique, Levé gravimétrique, Granite
Allier (Échassières)

Résumé

Le sondage profond d'Échassières a regroupé de nombreuses méthodes géophysiques. On présente les résultats de celles mises en œuvre avant le forage.

L'obtention et la compilation des données existantes ont guidé le choix du site de forage. Les méthodes potentielles (magnétisme, gravimétrie, électrique et magnétotellurique) ont été appliquées sur tout le massif. Aucun essai de prospection sismique n'a été effectué. Le massif d'Échassières présente une forme asymétrique et s'étend au-delà de sa zone d'affleurement sous une faible couverture de micaschistes. L'extension en profondeur du massif granitique, obtenue par inversion des données gravimétriques permet la localisation de la zone d'extension maximale de la racine du massif principal vers -5 000 m.

Abstract

Three-dimensions organisation of the Echassieres granitic complex and synthesis of the surface geophysical measurements

The deep intragranitic borehole of Echassières (Massif central, France) provided the opportunity to simultaneously apply several geophysical measurements directed to a similar objective. We briefly review the methods as they have been compiled and interpreted to select the site location.

The compilation of the data served as a guide for the site selection. Usual potential methods (magnetism, gravimetry, electric and magnetotelluric prospections) have been applied on the whole massif. No attempt in seismic profiling has been made. From these observations, the massif presents an asymmetrical shape and extends far beyond the outcrop zone under a shallow cover of micaschists. The depth extent of the granite, obtained from gravity data inversion, allows the shaping of the Colettes granite at depth, rooted at about 5 000 m. The borehole, located south of the Colettes facies outcrop, is not right above the root zone indicated by the maximum depth extent obtained from gravity data.

Les diverses données géophysiques couvrant le massif granitique d'Échassières ont été compilées et interprétées de façon préliminaire avant de choisir l'implantation définitive du sondage (Vignerese et al., 1984). Cette compilation regroupe notamment les mesures magnétiques de la prospection aéroportée à 1 200 m (Debégliat et Gérard, 1975) et d'une prospection au sol, limité à la partie sud et sud-est du massif (région de Nades et Boénat) (Lallier, 1977). Cette prospection est très locale et essentiellement liée à des problèmes de métamorphisme de contact plutôt qu'à l'état général du massif. Les données de la prospection aéroportée du Massif central à 1 200 m (fig. 1) font apparaître une structure orientée N060 au sud de Louroux de Bouble qui se superpose à un accident recoupant le massif granitique. Conjointement, une carte de gradient vertical et de gradient vertical réduit au pôle couvre ce secteur. L'interprétation de ces cartes (fig. 2) indique une structure fortement magnétique, orientée nord-

sud, et située à l'ouest de la commune d'Échassières. Elle apparaît comme étant décrochée de façon senestre par une fracturation N060. Le massif granitique est morcelé en trois panneaux suivant une orientation N020 (Vignerese et al., 1984).

Une campagne de prospection électrique (Lallier, 1977) d'extension locale et concentrée autour de Boénat a été étendue à l'ensemble du massif (Favin et Millon, 1984). Cette nouvelle campagne effectuée suivant la méthode des trainés fait apparaître un faible plongement du toit du massif. Le contraste entre le granite et les micaschistes est relativement fort. L'anisotropie des micaschistes ainsi que des passées greisenisées ne sont pas favorables à la mise en œuvre de la méthode. En plus, des perturbations liées à un hydrothermalisme particulièrement important dans la partie sud, rendent l'interprétation délicate.

Lab. de Tectonophysique Université de Nantes - 44072 Nantes cedex 03

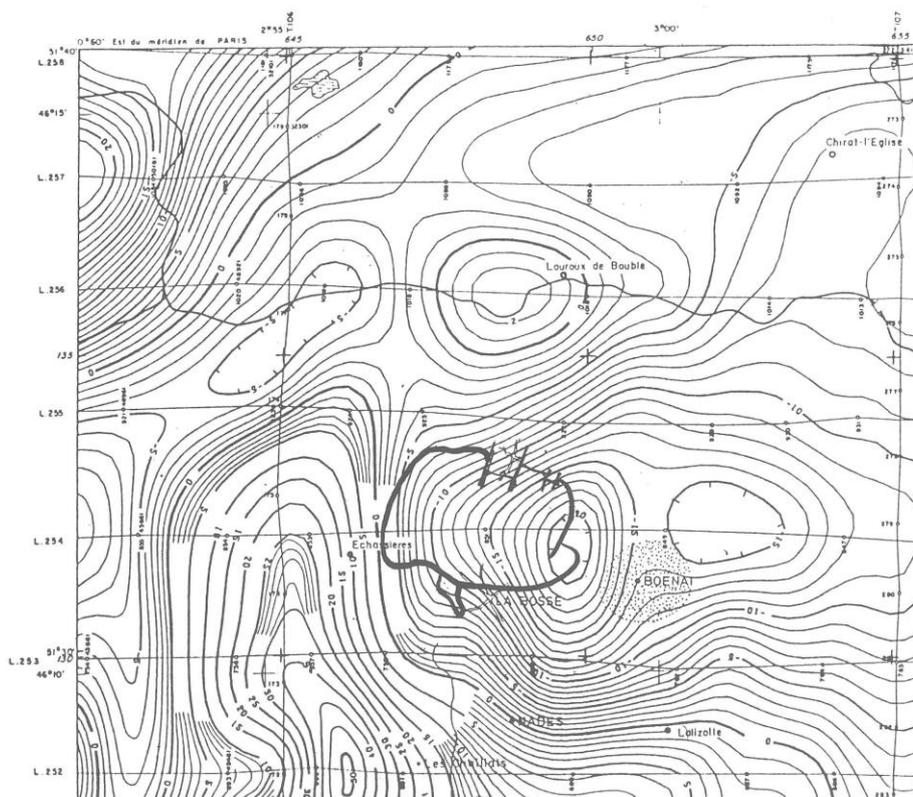


Fig. 1. — Carte magnétique extraite de la carte à 1 200 m du Massif central. Espacement des contours 1 nT.
Magnetic map over the Echassières massif from the aeromagnetic map over the Massif central. Flight elevation is 1 200 m and the contour interval is 1 nT.

Une prospection magnétotellurique (Perrin et Ravatin, 1985) effectuée sous forme d'un profil orienté NW-SE fait ressortir une couche de faible résistivité apparente ($60 \Omega\text{m}$) située sous un terrain fort résistant ($> 3\,000 \Omega\text{m}$) à une douzaine de kilomètres de profondeur. Cette couche pourrait correspondre à l'extension du massif granitique en profondeur. La forme de cette couche est globalement corrélable à la forme déduite de la gravimétrie. Malheureusement, la prospection étant uniquement constituée d'un profil ne permet pas d'appréhender le volume du massif et sa morphologie tridimensionnelle.

On disposait également avant le forage de plusieurs campagnes de prospection gravimétrique d'extension et de densité de couverture hétérogène (Gable, 1974; Vignerresse et al., 1984). La densité de points de la partie sud du massif peut atteindre $47 \text{ pt}/\text{km}^2$ alors que les parties centrale et nord sont couvertes par environ $2 \text{ pt}/\text{km}^2$. Au vu de cette disparité, une nouvelle campagne de mesures a été organisée (Vignerresse et al., 1985). Il est apparu que certaines structures étaient mal définies par les premiers levés (région de Coutansouze) et que dans le centre du massif, il convenait de boucher certaines mailles du levé de la carte gravimétrique (feuille de Ganat à 1/80 000). La nouvelle campagne (CM 9999) a donc eu pour objet de combler ces mailles et de préciser les orientations des anomalies précédentes (CM 9998). L'intégration

des trois campagnes en une seule série de mesures a nécessité la comparaison des corrections effectuées sur chacun des groupes et donc la reprise de la plupart des mesures. La mise à niveau des trois séries de mesures a été réalisée après homogénéisation des différentes corrections. Une carte a été redessinée de l'anomalie de Bouguer sur le massif d'Echassières (fig. 3).

Sur cette carte, le massif est pratiquement circonscrit par le contour de l'isomale -31.0 mgal . L'amplitude totale de l'anomalie provoquée par le granite est de 6 à 7 mgal. Le massif s'étend de façon quasi circulaire avec un rayon d'environ 6 kilomètres. Un certain nombre de « points structuraux » ont disparu de cette nouvelle carte. En particulier, l'extension au nord vers Coutansouze, apparaît nettement moins marquée. La partie ouest est la plus marquée en gravimétrie. Le fort gradient au sud marque un pendage raide du massif accentué par le contraste de densité entre le granite, son encaissant et le microgranite de Pouzol Servant plus au sud. L'extension de la partie nord, à gradient faible, indique que le massif plonge doucement sous la couverture des micaschistes. Les anomalies débordent le contact à l'affleurement également dans la partie est, indiquant une légère asymétrie de forme en profondeur du corps. L'inversion de ces données, effectuée de façon tridimensionnelle (fig. 4) fait ressortir cette morphologie en profondeur, en forme de poire inver-

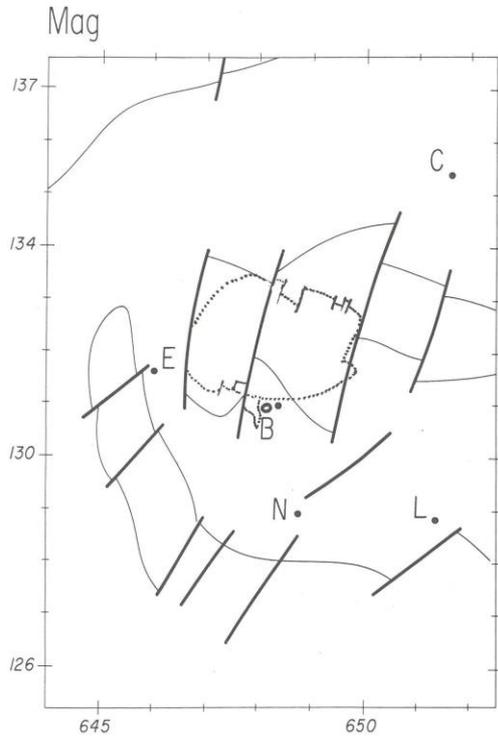


Fig. 2. — Carte d'interprétation des corps magnétiques sur le granite d'Échassières d'après la carte magnétique volée à 1 200 m et la carte du gradient vertical.
 Interpretation of the magnetic bodies over the Echassières granitic intrusion from the magnetic map flown at 1 200 m and the vertical gradient.
 Localités : E : Echassières ; B : La Bosse ; N : Nades ; L : Lalizolle ; C : Coutansouze.

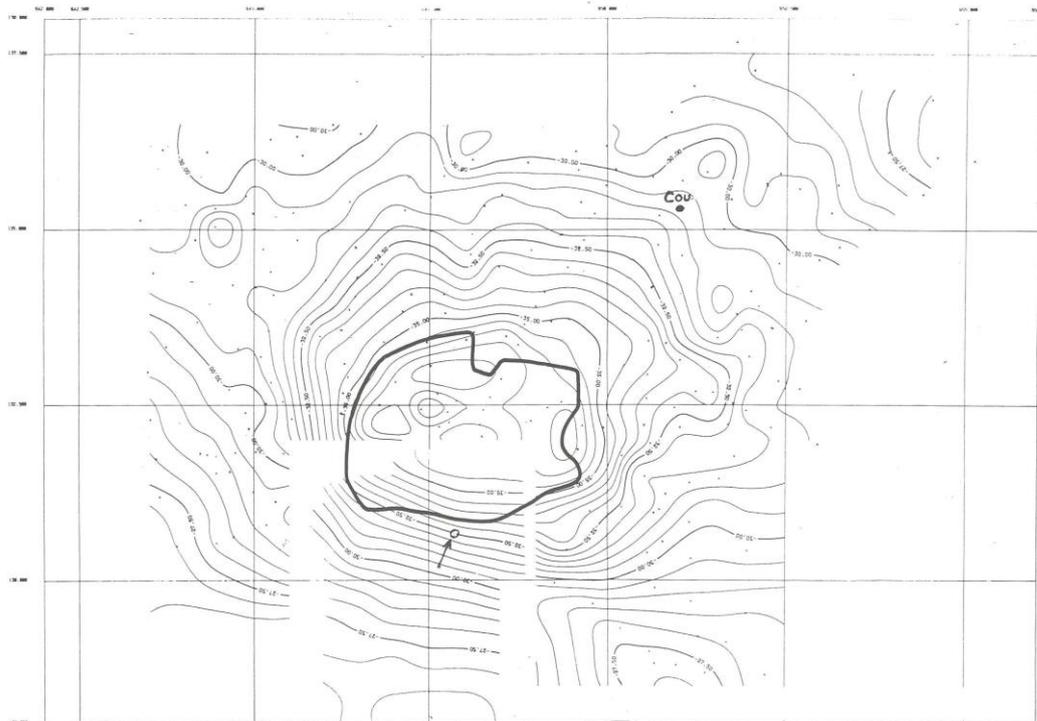
sée, s'enracinant à $-5\,000$ m. Au sud du massif où la forte densité des mesures l'autorise, R. Gable (1974) avait calculé une résiduelle de l'anomalie de Bouguer qui suggérait la morphologie de l'enracinement du granite de Beauvoir. (fig. 5) et d'autres leucogranites analogues.

Conclusions et propositions

La gravimétrie a montré son utilité dans la détermination globale de la forme tridimensionnelle du massif. Lors des études avant site, il n'était pas possible de cibler davantage une zone de façon précise. On a cependant essayé d'utiliser au mieux les données existantes (Gable, 1974) pour un traitement détaillé de la zone au voisinage immédiat du forage.

Fig. 3. — Carte gravimétrique redessinée après les campagnes de 84-85. Le contour d'affleurement du massif est représenté. On constate que le massif se poursuit vers le nord sous la couverture. La flèche indique le forage GPF ; C : Coutansouze.

Gravimetric map over the Echassières granitic massif. The contour interval is 0.5 mgal. The granite extends northward far beyond its outcrop limits underlined by the bold line. Arrow points to GPF borehole.



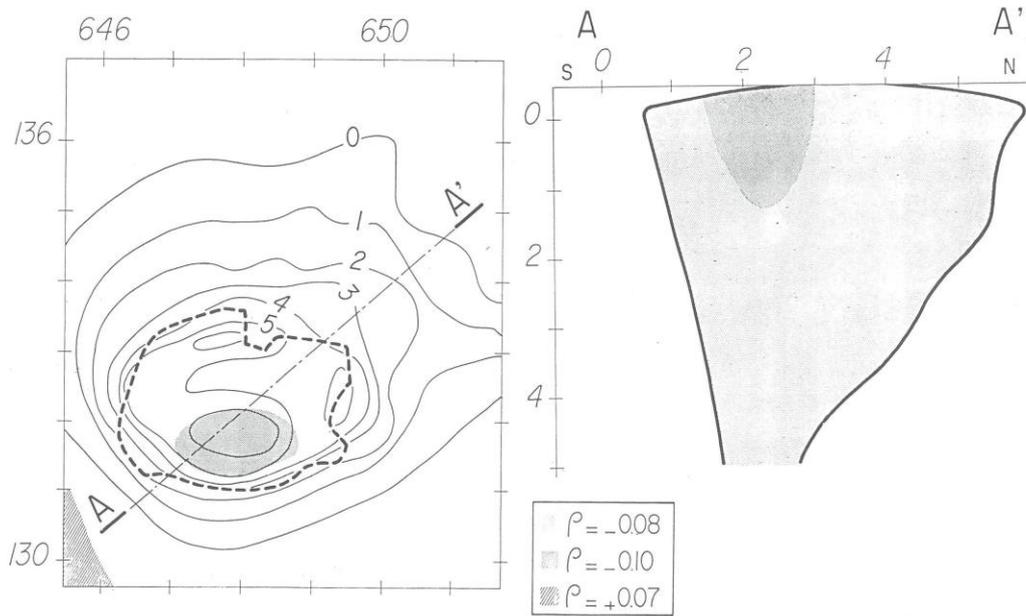


Fig. 4. — Profondeur du plancher du granite (en km) après inversion des données gravimétriques et coupe selon un axe SW-NE. Les contrastes de densité sont ceux utilisés lors de l'interprétation de GPF 2-8 (Vignerresse et al., 1985)

Depth contour (in km) of the bottom of the granitic pluton obtained from gravity data inversion. A cross section oriented SW-NW is represented with a true vertical scale. The density contrasts are those used during the GPF 2-8 interpretation before cored samples were available (Vignerresse et al., 1985).

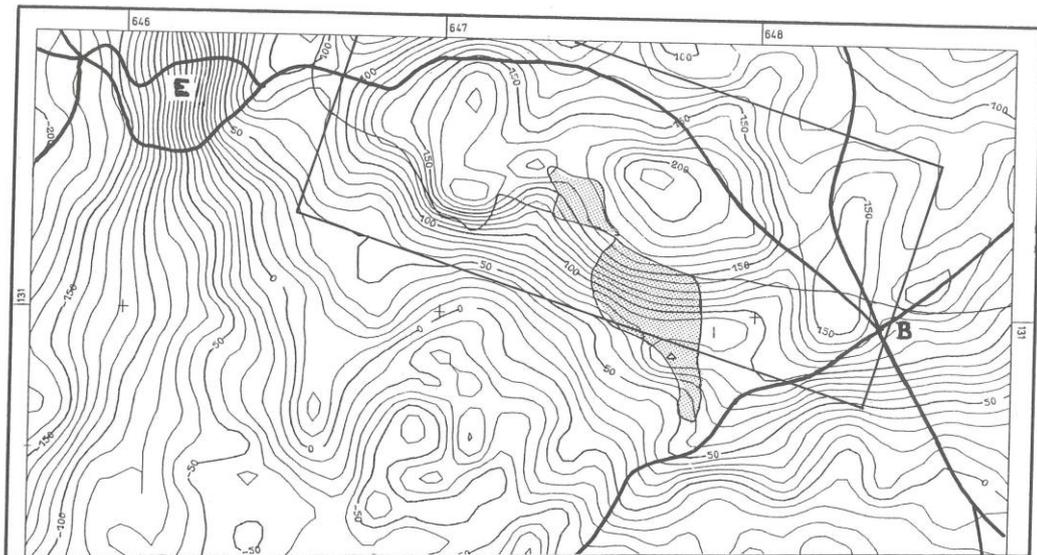


Fig. 5. — Carte de la « résiduelle » de l'anomalie de Bouguer pour le secteur entre Échassières (E) et le carrefour de la Bosse (B). (R. Gable, 1974). Routes : traits épais; Granite des Colettes : au Nord du trait fin; affleurement du granite de Beauvoir en grisé; Micaschistes : au sud des deux granites. On remarquera l'anomalie légère au niveau de la route qui part au S-W de la Bosse, anomalie où pourrait s'enraciner le granite de Beauvoir. Une deuxième anomalie légère intense se développe au sud de l'extrémité S-W du granite des Colettes. Les très fortes anomalies F et Li. qui lui sont superposées suggèrent qu'elle est due à un autre granite de type Beauvoir.

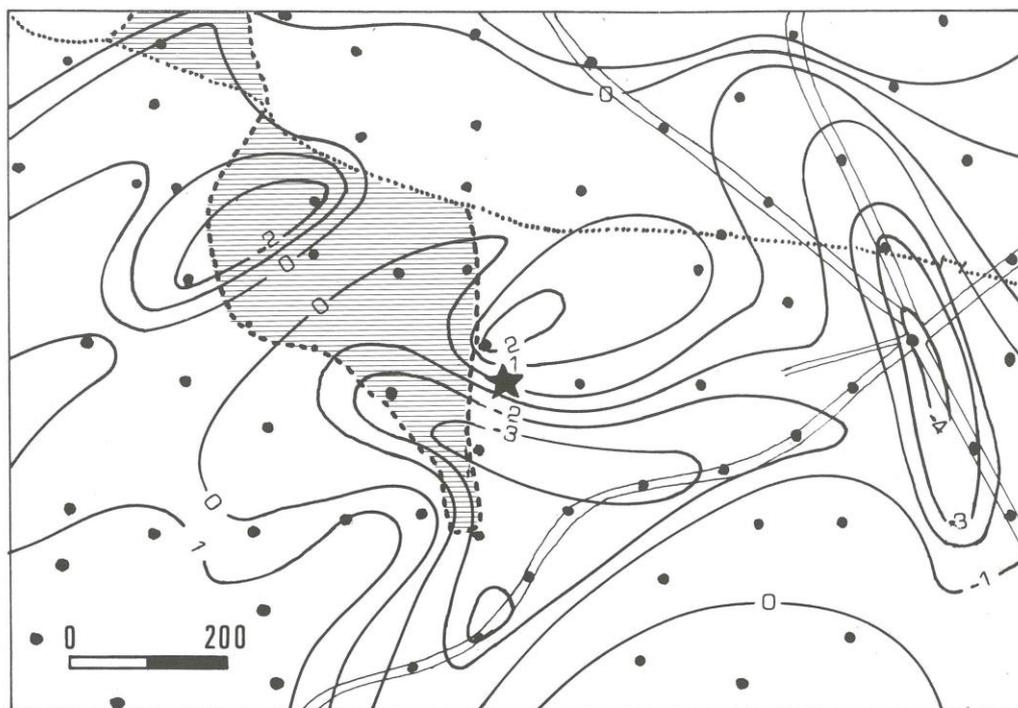


Fig. 6. — Carte résiduelle détaillée de l'anomalie de Bouguer sur la région du massif de Beauvoir. Les points sont repris des mesures (Gable, 1974) mais une nouvelle régionale (englobant l'effet du massif d'Échassières) a été soustraite. On peut noter le négatif correspondant au granite de Beauvoir dont l'affleurement est hachuré. L'orientation est N110 mais est fortement dépendante des deux points positifs situés de part et d'autre de cette anomalie.

Étoile : emplacement du sondage G.P.F.

Residual map of the gravity anomaly over the Beauvoir massif. Data points are from previous surveys, but a new regional field has been subtracted. This new regional field encompasses the local effect of the Échassières massif. A negative anomaly is observed over the Beauvoir massif (hatched area).

Its orientation is N110, however this direction may heavily depend on the two positive values located each side of the anomaly.

Star : location of the G.P.F. drill hole.

Une nouvelle régionale gravimétrique, qui englobe également l'effet du massif d'Échassières, a donc été soustraite afin de faire apparaître le massif de Beauvoir. Cette nouvelle carte résiduelle (fig. 6) montre une zone négative d'orientation N110 qui pourrait coïncider avec le granite de Beauvoir. La largeur de cette anomalie est faible (200 m). Il convient cependant d'être très prudent dans l'interprétation d'une telle carte. Seules les variations relatives des anomalies sont pour l'instant interprétables. L'extension des anomalies et leur direction est parfois dépendante d'un ou de deux points de mesure dont il conviendrait de vérifier la valeur et les corrections. Une augmentation du nombre de points de mesure dans la région la plus immédiate du forage (une zone de 500 m de côté) est envisageable sans trop de problèmes avec un minimum de moyens. Une interprétation de détail confirmant l'orientation N110 de la mise en place du granite de Beauvoir serait un point important dans la compréhension globale de ce massif.

Références bibliographiques

DEBEGLIA N., GERARD A. (1975). — Apport de l'aéromagnétisme à l'étude géologique du nord du Massif central. *Bull. BRGM*, (II), 3, pp. 223-246.

FAVIN H., MILLON R. (1984). — Campagne de sondages électriques sur la coupole d'Échassières. Programme Géologie Profonde de la France. Projet GPF 1 Thème 8., Doc. BRGM 81-8, pp. 41-55.

GABLE R. (1974). — Un exemple de la méthode gravimétrique à l'étude structurale d'une coupole granitique : La coupole d'Échassières Allier. Rap. BRGM 74-SGN-406-BSS, 42 p.

GABLE R. (1985). — Étude thermique préliminaire., Programme Géologie Profonde de la France. Projet GPF 3-8. Doc. BRGM 100, pp. 280-292.

LALLIER S. (1977). — Étude géologique et géophysique au sud est du massif granitique d'Échassières Allier. Thèse 3e cycle Univ. Orléans. 121 p.

PERRIN J., RAVATIN F. (1985). — Étude du granite d'Échassières (Allier) par un profil de sondages magnéto-telluriques. Programme Géologie Profonde de la France. Projet GPF 2-8. Doc. BRGM 95-8, pp. 93-123.

VIGNERESSE J.-L., MENICHETTI V., CANNAT M. (1984). — Couverture géophysique du massif granitique d'Échassières. Programme Géologie Profonde de la France. Projet GPF 1-8. Doc. BRGM 81-8, pp. 31-40.

VIGNERESSE J.-L., MENICHETTI V., CANNAT M. (1985). — Interprétation gravimétrique du massif granitique d'Échassières. Programme Géologie Profonde de la France. Projet GPF 2-8. Doc. BRGM 95-8, pp. 81-91.