

Étude gravimétrique du granite de Mortagne-sur-Sèvre (Massif armoricain) : comparaison avec les données structurales*

Jean-Louis VIGNERESSE et Bruno GUINEBERTEAU (1)

Mots clés : Levé gravimétrique, Anomalie Bouguer, Granite, Géométrie (Enracinement) Vendée.

Résumé

L'acquisition et le traitement de données gravimétriques détaillées sur le massif granitique de Mortagne-sur-Sèvre (Vendée) a fourni une carte de l'anomalie de Bouguer. Un enracinement relativement profond (supérieur à quatre kilomètres sur les deux tiers du massif) en est déduit, qui est en accord avec l'attitude de la foliation magmatique subverticale sur l'ensemble du granite.

Abstract

Gravity data acquisition and treatment over the Mortagne granitic pluton result in a Bouguer anomaly map. The shape at depth of the granitic intrusion is then calculated using inverse problem techniques and discussed according to the main intragranitic features. The massif is relatively deeply rooted (> 4 km) over two-thirds of its outcropping area, reaching the maximum depth of 10 km in the south-eastern part.

1. Introduction

Une approche combinant des données géophysiques et structurales, conduit à une bonne connaissance de la forme en profondeur des massifs granitiques et de leur mode de mise en place : granite enraciné mis en place à la faveur d'un décrochement crustal (massif du Main Donegal, Irlande : Young, 1974 et Hutton, 1982) ; granites pratiquement plats mis en place à la faveur de chevauchement crustaux (massif de Guérande, Massif armoricain : Vignerresse, 1978 et Guillet & Bouchez, 1981 ; massif de Saint Sylvestre, Limousin : Chauvin & Follin-Arbelet, 1982 et Mollier, 1984) ; diapirs emboîtés (massif de Plouaret, Massif armoricain : Guillet et al., 1985).

Le leucogranite de Mortagne-sur-Sèvre au sud-est de Nantes (Gerstner et al., 1962) fait partie d'une des ceintures de granites à deux micas de Bretagne méridionale (Cogné, 1974). La forme en profondeur de ces granites est déduite des données de la gravimétrie (Vignerresse, 1978) : certains sont très peu enracinés (Pontivy, Locronan), d'autres pratiquement plats (Guérande, Pont-l'Abbé). Les structures internes, magmatiques et plastiques, acquises au cours de la mise en place (Guineberteau et al., 1987) indiquent une forme plus verticale pour le massif de Mortagne. Ce massif présente, en outre, la particularité d'être entièrement ceinturé par des zones de

cisaillement crustal, contrairement à la plupart des leucogranites sud-armoricains. Il était donc indispensable de reprendre et de détailler l'étude gravimétrique.

2. Données

2.1. Études géophysiques antérieures

Des sondages électriques (Migaux et al., 1960) et des sondages magnéto-telluriques (Fournier et al., 1975) ont permis une première estimation de la profondeur du granite. Ces mesures s'interprètent en effet par la présence d'une couche à résistivité moyenne jusqu'à une profondeur de 7 km (Migaux et al., 1960) ou 9 km (Fournier et Vignerresse, 1978) suivie d'une couche à plus forte résistivité. Cette discontinuité est considérée comme représentant la base du granite. D'autre part, d'après une interprétation des données de la carte gravimétrique de la France établie par le BRGM (Goguel, 1967), le massif présente une forme ovoïde aplatie dans un plan vertical NW-SE avec une profondeur maximale de 6 km dans le cœur du massif (Vignerresse, 1978).

Cependant, la maille de mesure utilisée lors de ces études ne permet pas une résolution suffisamment fine en profondeur pour que les résultats puissent être corrélés aux structures intragranitiques.

2.2. Nouvelles mesures

C'est pourquoi une nouvelle campagne de mesures gravimétriques a été effectuée sur l'ensemble du massif avec

* Manuscrit reçu le 25 septembre 1986 et accepté le 5 septembre 1988.

(1) Laboratoire de Tectonophysique, Faculté des Sciences de Nantes, 2, rue de la Houssinière, 44072 Nantes Cedex.

une maille plus serrée : 740 points de mesure sont ainsi répartis de façon homogène sur le massif (environ 600 km²). Les mesures ont été effectuées avec un gravimètre LaCoste Romberg thermostaté (faibles risques de dérive de l'appareillage). Les mesures sont effectuées aux points cotés IGN des cartes à 1/25 000 repérés sans ambiguïté. Compte tenu de la faible erreur de positionnement, l'incertitude sur l'altitude du lieu est nettement inférieure à 0,5 m. Une trentaine de points des campagnes précédentes a été doublée.

3. Traitement

3.1. Carte de l'anomalie de Bouguer

(fig. 1)

Les diverses corrections (constante d'appareil, plage de lecture, altitude, latitude) ont été effectuées au laboratoire après digitalisation de la position des points. Le calage par rapport aux levés BRGM s'est effectué sur une trentaine de points répartis de façon homogène sur le massif (0,01 mgal).

Les valeurs de l'anomalie de Bouguer ainsi obtenues sont ensuite interpolées suivant une maille triangulaire de 500 m de côté, mieux adaptée à la forme losangique du massif qu'une maille carrée, et ayant de plus une meilleure résolution. En effet, si l'on considère que chaque point interpolé représente la valeur du champ avec un intervalle de confiance circulaire, la disposition de la maille triangulaire permet un meilleur recouvrement des points et de leur intervalle de confiance que dans le cas d'une maille carrée.

L'évaluation de la contribution du massif de Mortagne aux variations du champ de la pesanteur ne peut se faire sans retirer préalablement les effets exercés par les différentes structures voisines du massif : c'est l'effet régional. Ce calcul est effectué par lissage des données ainsi que par examen des données BRGM antérieures sur une zone de plus grande étendue (jusqu'à 10 km du massif étudié). Pour la région considérée, on calcule que l'effet régional peut être approché par un plan, d'équation : $f(xy) = -11.0 - 0.085x - 0.26y$, avec x et y en km. La valeur de la constante est calée en un point particulier du massif (soit ici le point de coordonnées Lambert $x = 330$, $y = 220$). L'effet régional est alors retiré à la carte de l'anomalie de Bouguer.

Le choix d'un plan plutôt que d'une surface complexe est effectué en respectant le calage du zéro de l'anomalie aux contours du massif. Une surface d'ordre plus élevé, généralement obtenue par une méthode d'estimation aux sens des moindres carrés incorpore trop d'effets dus aux sources sous-jacentes.

Le tracé de la nouvelle carte gravimétrique (fig. 1) ne diffère pas sensiblement du tracé de la carte BRGM. Les amplitudes sont respectées et peu de nouvelles anomalies de courte longueur d'ondes apparaissent, sauf dans la forme du contour des isanomales. Cela implique que les mesures sont bien calées par rapport aux précédentes, mais également que le massif est globalement défini par une anomalie de grande longueur d'onde : il est certainement enraciné profondément sur toute sa surface d'affleurement. Un massif faiblement enraciné aurait été marqué par l'apparition de nombreuses anomalies de courtes longueur d'ondes. On constate également que les gradients latéraux de l'anomalie sont forts, indiquant un contact à fort pendage.

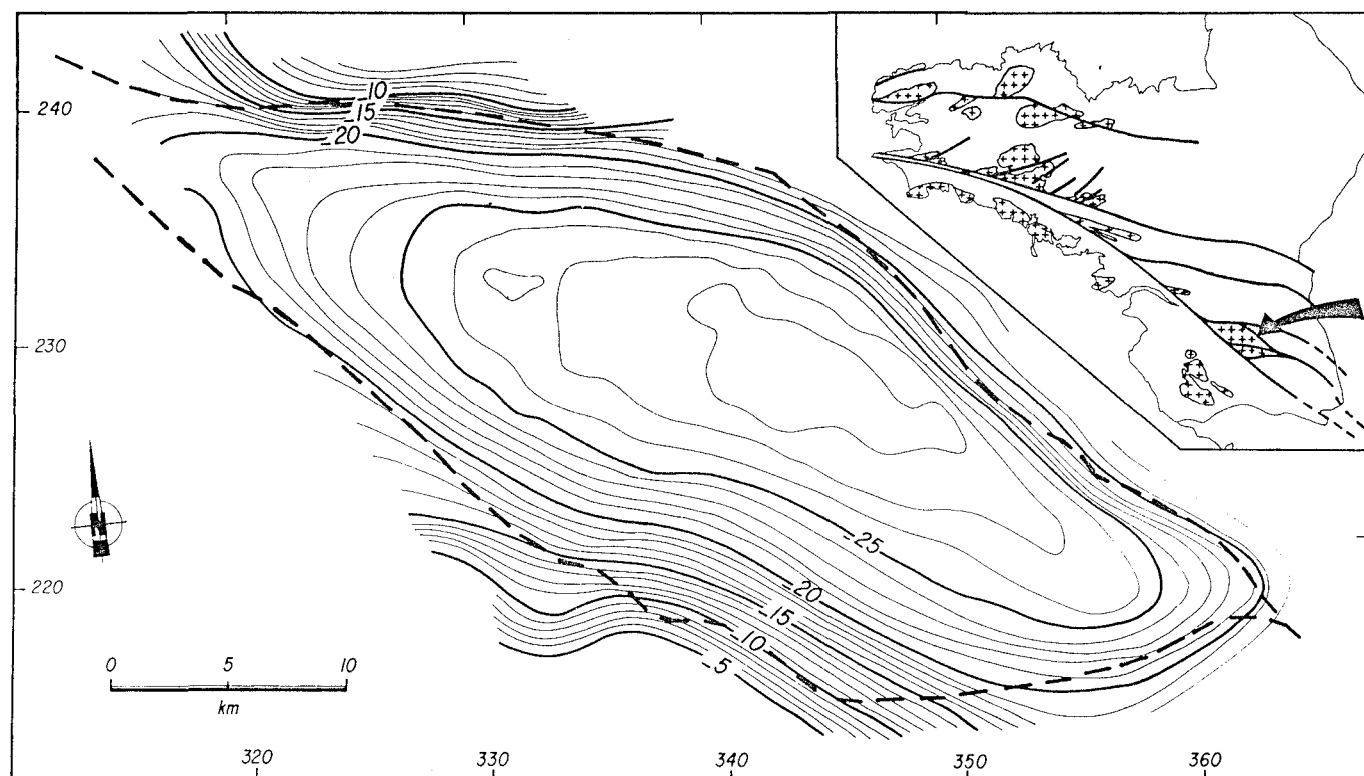


Fig. 1. - Carte de l'anomalie de Bouguer (en milligal) : le granite de Mortagne se marque par une anomalie gravimétrique négative. Les contours du massif sont figurés en tiretés.

3.2. Carte des profondeurs du plancher granitique (fig. 2)

Les nouvelles données peuvent alors être traitées par des techniques de problème inverse (Vignerresse, 1977). La technique choisie est itérative : à chaque itération, on calcule l'épaisseur du corps provoquant l'anomalie par calcul de l'attraction d'un prisme au point considéré. L'effet de ce prisme est calculé aux différents points voisins et cette valeur calculée est comparée à la valeur mesurée. L'écart sert, à l'itération suivante, à modifier la profondeur du prisme. L'écart final entre le champ gravimétrique mesuré et celui créé par le modèle calculé est globalement inférieur à 0,5 mgal.

Outre la maille, imposée par la campagne de mesures et le type d'interpolation choisi, le paramètre déterminant dans ce calcul est le choix du contraste de densité entre le granite et l'encaissant. S'il est possible de faire varier latéralement la densité entre granite et encaissant, le traitement utilisé ne permet pas de la faire varier verticalement : on admet donc que la variation de la densité avec la profondeur est identique dans le granite et dans l'encaissant, c'est-à-dire que le contraste de densité est constant.

— A l'intérieur du granite, deux critères nous ont conduit à retenir une même densité de $2,62 \pm 0,01$ pour les différents faciès : i) l'étroite association à l'affleurement de différents faciès n'en permet pas une cartographie précise, et encore moins de définir leur extension en profondeur ; ii) une étude similaire sur des granites à deux micas du même type, (massif de Saint Sylvestre, Audrain *et al.*, en prép.) montre que la densité ne varie pas de façon significative entre les termes biotitiques les moins différenciés et les termes les plus évolués (sur un échantillonnage de roches saines, prélevées en mine et sur sondage).

— Le contraste de densité est $-0,08$ pour une densité de l'encaissant égale à $2,70 \pm 0,02$.

— L'effet des hétérogénéités de l'encaissant est minime. En effet, si l'encaissant est constitué d'une grande variété de types pétrographiques, ceux-ci se présentent sous forme d'enclaves au sein de formations gneissiques. Ainsi, l'effet des diorites situées au nord-est du massif est négligeable du fait de leur faible extension latérale.

Ce traitement permet d'établir la carte de la figure 2, qui représente la profondeur (en kilomètres) du contact entre les corps de densités différentes. On admet que cette surface correspond au plancher du granite. La valeur zéro de la surface coïncide globalement avec les limites cartographiques du granite. L'identité n'est pas complète pour une raison de différences de niveau. Un choix légèrement différent du niveau de base de la régionale revient à changer le niveau de base "topographique". De même, l'erreur dans le zéro déterminé par la gravimétrie correspond à décaler ce niveau de 100-200 mètres.

Enfin, la précision sur les profondeurs est estimée, pour les profondeurs maximales, à 20 % environ : 10 % liée aux variations du contraste de densité, et 10 % provenant du traitement des données (Vignerresse, 1978).

4. Interprétation des nouvelles données

Cette analyse gravimétrique permet de préciser un certain nombre de points sur la géométrie tridimensionnelle du massif de Mortagne :

a) La profondeur du plancher granitique supérieure à 4 km sur les 2/3 du massif, atteint une profondeur maximale de 10 km. Ce résultat s'accorde relativement bien avec les estimations antérieures.

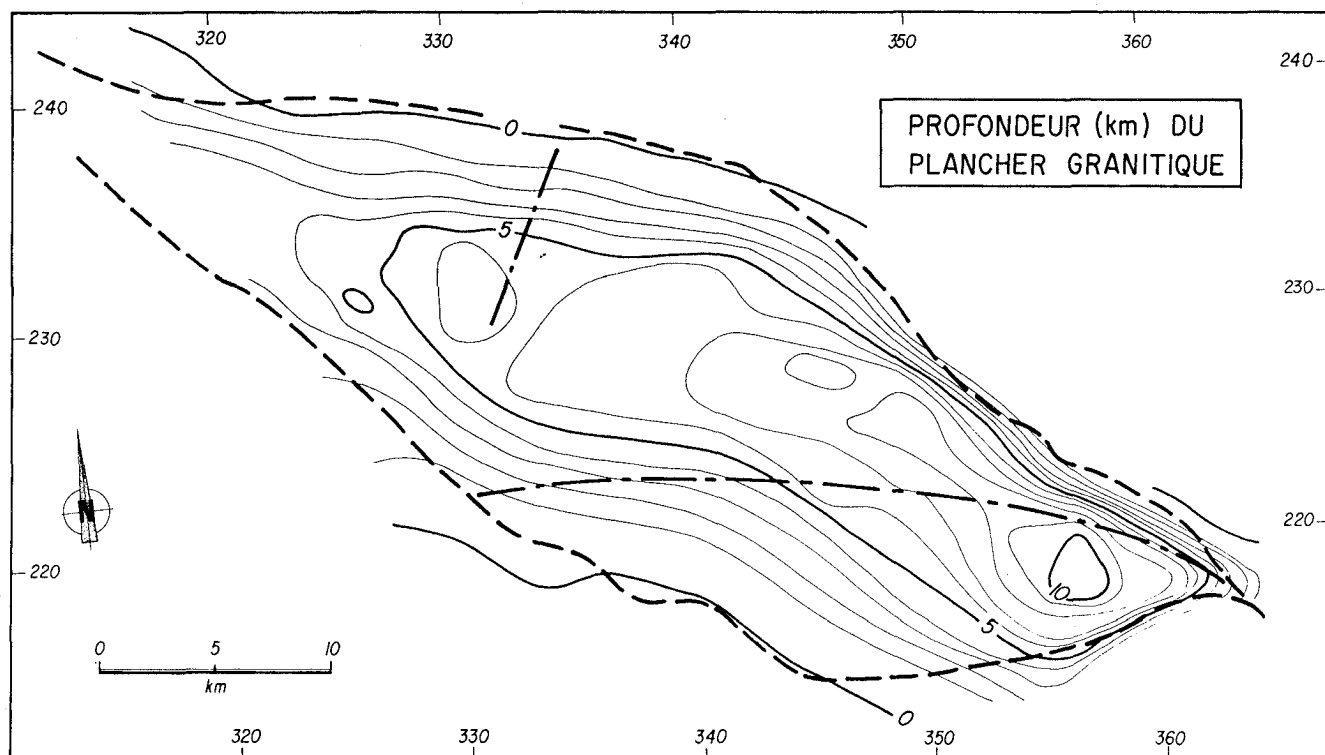


Fig. 2. - Carte des profondeurs (en kilomètres) du plancher granitique.

On a figuré les contours du massif (tiretés), les principales zones de cisaillement intra-granitiques (point-trait) et localisé les coupes de la figure 4.

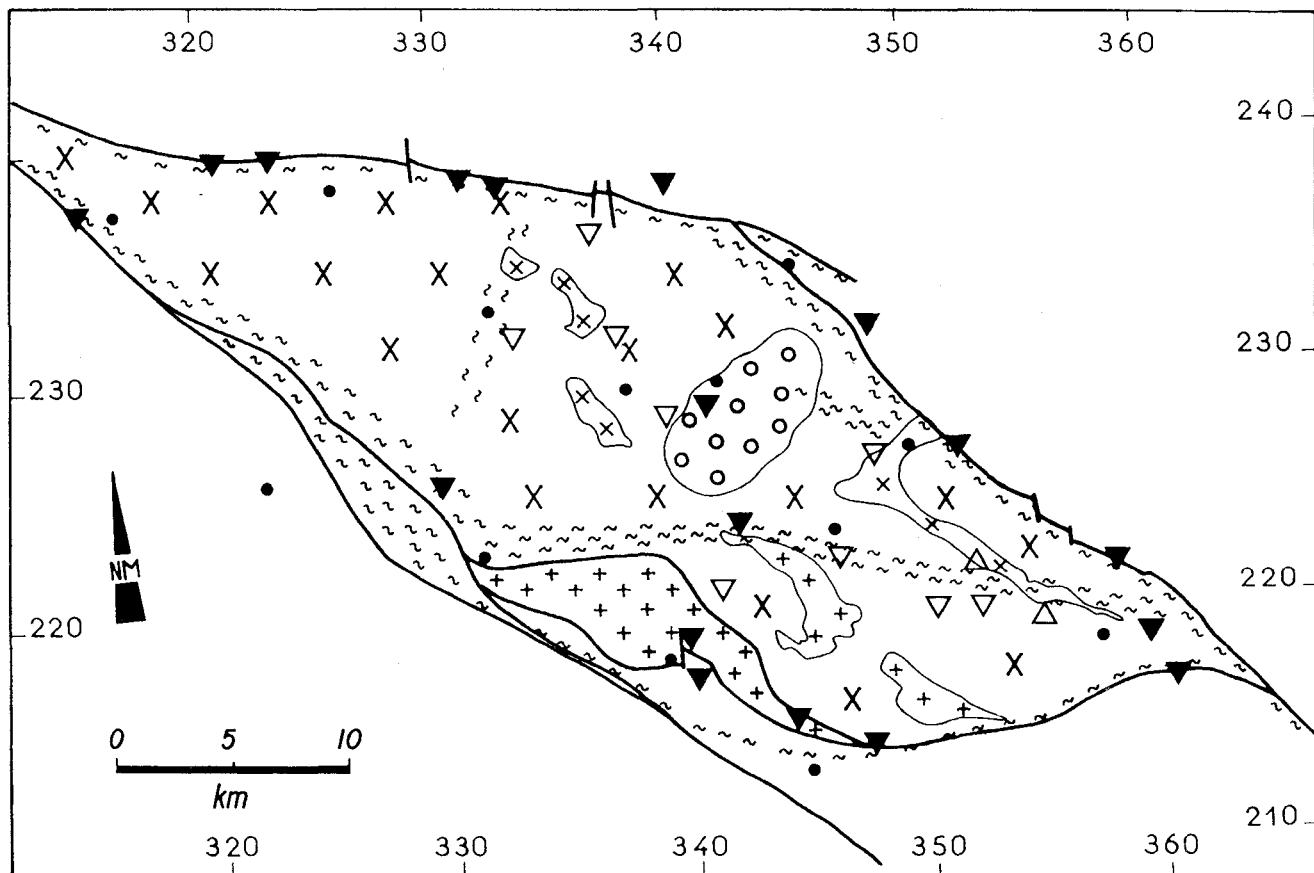


Fig. 3. - Carte pétrographique du massif de Mortagne.
Localisation des gisements et indices métalliques (U, W, Sn).

PETROGRAPHIE DU MASSIF DE MORTAGNE / SEVRE

- X X granite porphyroïde à 2 micas
- x x granite fin ou moyen à 2 micas
- o o granite albitique (msc > bi)
- + + granite fin biotitique (bi > msc)
- ~ ~ orthogneiss et mylonites

- ▼ gisements et indices d'uranium
- ▽ indices de tungstène
- △ indices d'étain et tungstène

b) Un "puits gravimétrique" (plus de 10 km de profondeur) apparaît près de l'extrémité sud-est massif (x = 356 ; y = 218). Il est prolongé vers le nord-ouest par une profonde "gouttière gravimétrique" (plancher estimé à 8 km) à laquelle correspond en surface un ensemble plus ou moins continu de granites à grain fin (fig. 3 ; Gerstner et al., 1962). Ces domaines sont interprétés comme constituant la zone d'alimentation principale du massif.

c) Dans le prolongement nord-ouest de cet axe (x = 345 ; y = 227), se trouve une zone où le plancher granitique est relativement approfondi (> 8 km) située en bordure orientale du domaine où affleure un faciès plus différencié (granite albitique, fig. 3 ; De La Roche et al., 1980) : cette racine secondaire pourrait représenter la zone d'alimentation de ce matériel.

d) Les coupes verticales (fig. 4) déduites de la carte de la figure 2 montrent mieux la forme du massif en profondeur : à l'est, racine profonde avec un gradient particulièrement fort à proximité des contacts SE (fig. 4C) et NE (fig. 4B), plus modéré en bordure SO (fig. 4B) ; à l'Ouest, large gouttière profonde dont la base s'élève progressivement d'est en ouest (fig. 4A et 4C). Enfin, les coupes perpendiculaires aux structures (fig. 4B et 4C) soulignent la différence de pendage des contacts nord (70 à 80° S) et sud (50 à 60° N) du massif.

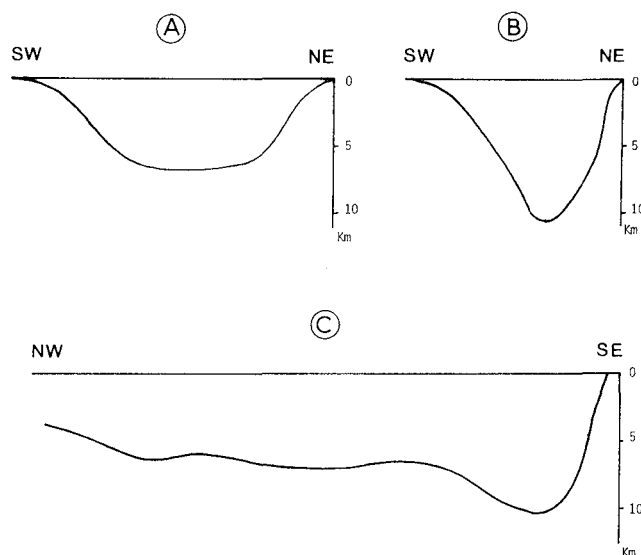


Fig. 4. - Coupes verticales déduites de la carte de la figure 2.
A et B : coupes SW-NE, perpendiculaire aux structures intragrunitiques principales ; C : coupe NW-SE, parallèle aux structures ainsi qu'au grand axe du massif. Échelles verticales et horizontales identiques.

e) L'abaissement relatif de l'ouest du massif (400 m environ d'après Guineberteau (1986), soit 7 % de l'épaisseur du granite) dû au jeu du cisaillement ductile N20° E (fig. 3), n'est pas perceptible en gravimétrie. Par contre, cette zone de cisaillement, marquée par des orthogneiss, s'exprime elle-même par une "remontée relative du plancher granitique" ($x = 333$; $y = 320$): cette variation de profondeur est peut-être un artefact résultant de notre traitement à densité constante; le choix d'une densité plus élevée pour le matériel orthogneissique tendrait à effacer cette anomalie.

f) Le cisaillement majeur est-ouest (axe orthogneissique à la latitude $y = 222$, (fig. 3) qui limite au nord le "puits" à 10 km, se marque par une inflexion des lignes d'isovaleurs de la carte gravimétrique (fig. 1), et des lignes d'isoprofondeurs du plancher (fig. 2). Cette inflexion sigmoïde exprime le décrochement sénestre (Guineberteau, 1986) de la zone de cisaillement.

5. Conclusions

Les résultats obtenus par la gravimétrie confirment donc l'originalité du massif de Mortagne vis-à-vis des leucogranites qui jalonnent la branche nord du C.S.A. (Pontivy, Locronan: peu enracinés) ou qui sont situés au sud du C.S.A. (Pont-l'Abbé, Guérande). Le massif étudié ici est entièrement ceinturé par des accidents ductiles (branche sud du C.S.A. et accidents conjugués), présente une foliation magmatique subverticale et un enracinement important. Sa morphologie ainsi que son contexte de mise en place sont analogues à ceux du massif du Main Donegal (Hutton, 1982).

L'étude conjointe de l'anomalie gravimétrique ainsi que des structures acquises au cours de la mise en place du matériel granitique, permet de localiser des discontinuités intragranitiques précoces. Elle débouche sur une meilleure compréhension de la distribution des indices métalliques (U, Sn, W...) spatialement liés aux endogranites dont la mise en place est contrôlée par de telles discontinuités (Nesen, 1981; Mollier, 1984; Friedrich, 1984; Marconnet, 1985).

Remerciements

Nous remercions la COGEMA qui a financé cette étude.

Références bibliographiques

CHAUVIN D., FOLLIN-ARBELET F. (1982). - Étude gravimétrique des massifs granitiques de Brême - Saint Sylvestre - Saint Goussaud (Limousin) et apport de la gravimétrie à l'étude des structures anté-triasiques sous le Languedoc et la Camargue. D.E.A Montpellier, 107 p.

COGNE J. (1974). - Le Massif armoricain. In "Géologie de la France", J. Debelmas, Doin Ed., 1, pp. 105-161.

DE LA ROCHE H., STUSSI J.-M., CHAURIS L. (1980). - Les granites à deux micas hercyniens français. Essai de cartographie et de corrélations géochimiques appuyées sur une banque de données. Implications pétrologiques et métallogéniques. *Sci Terre*, Nancy, XXIV, pp. 67-70.

FOURNIER H., BENDERITTER Y., FEBRER J. (1975). - Sondage magnétotellurique sur le massif granitique de Mortagne-sur-Sèvre. *C.R. Acad. Sci Fr.*, Paris, 280, série B, pp. 141-143.

FRIEDRICH M. (1984). - Le complexe granitique hyperalumineux de Saint-Sylvestre, Nord-Ouest du Massif central français. *Géol. Géochim. Uranium*, Mém. Nancy, 5, 361 p.

GERSTNER A., BARAS L., PINAUD C., TAYEB C. (1962). - Monographie des gisements vendéens. In "Les minerais uranifères français", II, P.U.F., pp. 293-399.

GOGUEL J. (1967). - Contribution de la carte gravimétrique à la géologie du Massif armoricain. *Mém. BRGM*, 52, 129 p.

GUILLET P., BOUCHEZ J.L. (1981). - Les structures primaires dans le granite de Guérande. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, 292, pp. 1087-1092.

GUILLET P., BOUCHEZ J.L., VIGNERESSE J.L. (1985). - Le complexe granitique de Plouaret (Bretagne): mise en évidence structurale et gravimétrique de diapirs emboîtés. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 8, I, pp. 503-513.

GUINEBERTEAU B. (1986). - Le massif granitique de Mortagne-sur-Sèvre (Vendée): structure, gravimétrie, mise en place; distribution de U-Th-K. *Géol. Géochim. Uranium*, Mém. Nancy, 11, 218 p.

GUINEBERTEAU B., BOUCHEZ J.L., VIGNERESSE J.L. (1987). - The Mortagne granite pluton (France) emplaced by pull-apart along a shear zone: structural and gravimetric arguments and regional implication. *Géol. Soc. Amer. Bull.*, 99, pp. 763-770.

HUTTON D.H.W. (1982). - A tectonic model for the emplacement of the Main Donegal granite, NW Ireland. *J. geol. Soc. London*, 139, pp. 615-631.

MARCONNET B. (1985). - La télédétection spatiale: une méthode pour la prospection minière stratégique et tactique. Application aux gisements stannio-wolframifères de l'Ouest de la péninsule ibérique. Thèse Nancy, 244 p.

MIGAUX L., ASTIER J.L., REVOL P. (1960). - Un essai de détermination expérimentale de la résistivité électrique des couches profondes de l'écorce terrestre. *Ann. Géophys.*, 16, pp. 555-560.

MOLLIER B. (1984). - Le granite de Brême-Saint Sylvestre-Saint Goussaud: ses structures magmatiques; une étude de la distribution de l'uranium à l'échelle du grain. *Géol. Géochim. Uranium*, Mém. Nancy, 7, 105 p.

NESEN G. (1981). - Le modèle exogranite-endogranite à stockscheider et la métallogénèse Sn-W. Étude des gisements de Fontao et Santa Comba (Galice, Espagne). Thèse Nancy, 327 p.

VIGNERESSE J.L. (1977). - Linear inverse problem in gravity profile interpretation. *J. Geophys.*, 43, pp. 193-213.

VIGNERESSE J.L. (1978). - Gravimétrie et granites armoricains. Structure et mise en place des granites hercyniens. Thèse Rennes, 1978, 98 p.

YOUNG D.G.G. (1974). - The Donegal granite - a gravity analysis. *Proc. R. Irish. Acad.*, 74B, 1974, pp. 63-73.

CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE

Élément majeur de l'infrastructure géologique d'un pays, la carte géologique occupe une place importante parmi les sources d'informations sur le sous-sol.

Depuis 1968, le BRGM est chargé de l'établissement, de la publication et de la diffusion des cartes géologiques couvrant le territoire français (métropole et DOM-TOM). Conscient de l'importance que représentent les cartes géologiques pour l'information des usagers, le BRGM a adopté depuis quelques années une politique de revalorisation de la carte (création du Comité de la Carte géologique de la France) et d'accélération de l'édition (efforts sur la mise au point et l'édition de nombreuses maquettes déposées au Secrétariat de la Carte, sur l'impression des notices explicatives).

Un réseau de vente très diversifié a permis en 87 la diffusion de près de 32 000 exemplaires de cartes dont un peu plus de 24 000 pour le 1/50 000. Le chiffre de 35 000 sera atteint en 88.

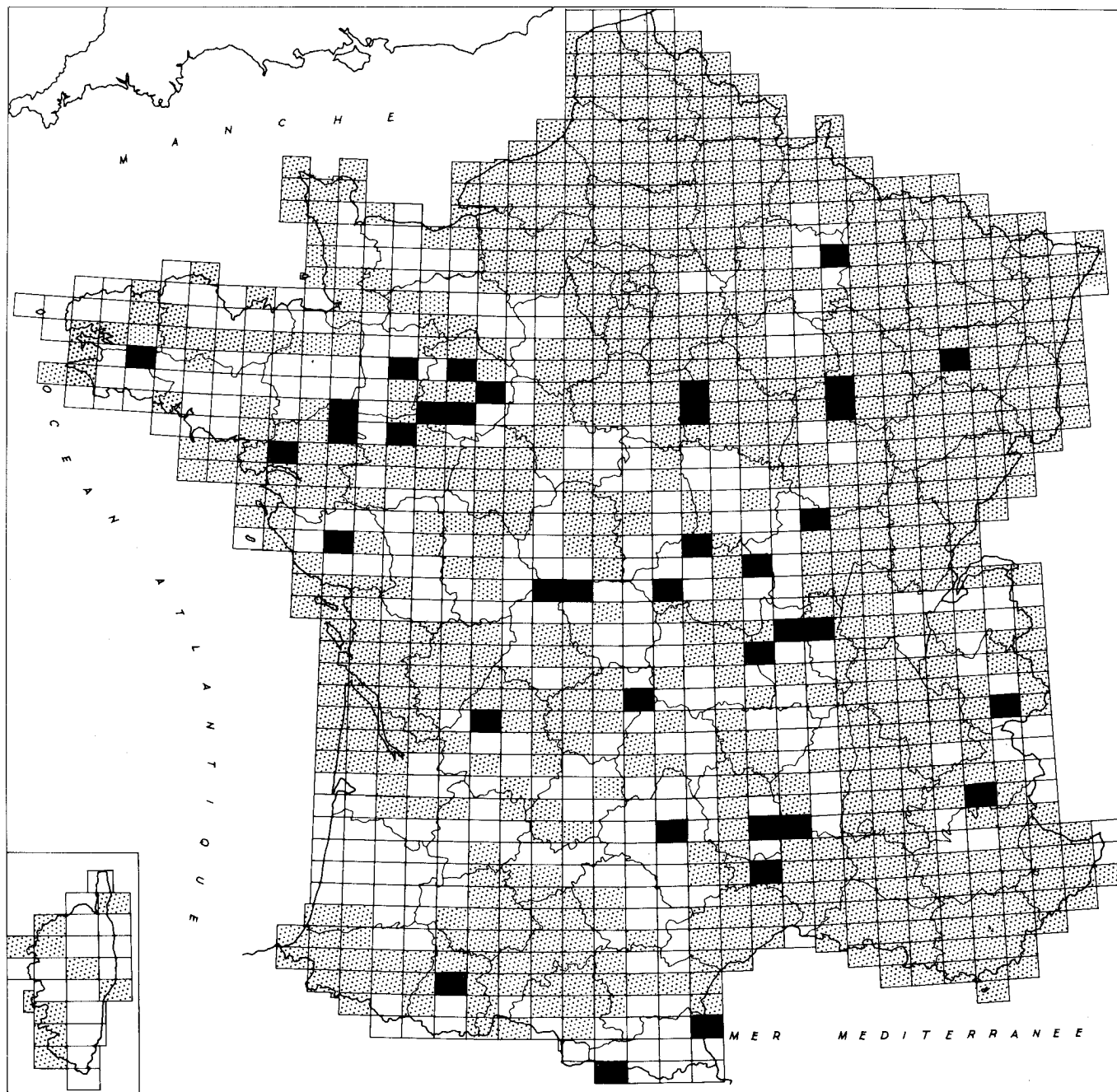
ÉTAT D'AVANCEMENT DE LA CARTE GÉOLOGIQUE À 1/50 000


Au 1^{er} janvier 89 cette couverture atteindra 782 coupures éditées, soit près de 70 % du territoire métropolitain (voir fig. p. 95).


En 1988, 27 cartes ont été soumises au Comité de la Carte géologique de la France.

37 cartes et notices, dont la liste suit, ont été mises en vente.

AIGUEPERSE (669)	HUELGOAT (276)	NEVERS (521)
AMBERIEU-EN-BUGEY (675)	LA CHATRE (594)	PONTIVY (313)
ANNECY-BONNEVILLE (678)	LA ROCHELLE-	RECEY-SUR-OURCE (406)
BELVES (831)	ILE-DE-RÉ (632)	SAINTE-FLOUR (789)
BOULOIRE (359)		SAINTE-MENEHOULD (160)
	LAVELANET (1076)	SURGERES (634)
BOURG-EN-BRESSE (651)	LE CAYLAR (962)	VILLEDIEU-LES-POELES (173)
CAHORS (881)	LENCLOITRE (548)	
CHANTONNAY (563)	LE VIGAN (937)	GRANDE-TERRE
CHATEAU-GONTIER (391)	MESLAY-DU-MAINE (356)	LA SOUFRIERE
COMBOURG (172)	MONTMORT (187)	LES SAINTES
ECOMMOY (393)	MORTAIN (210)	MAYOTTE
FOIX (1075)	NOZAY (420)	
GRANVILLE (172)		Carte des Gîtes minéraux à 1/500 000



 Coupures imprimées avant 1988

 Coupures imprimées en 1988

Typologie des gisements de chromite dans la partie sud de l'ophiolite du Nord Oman

Cette étude permet de mettre en évidence trois types de gisements dans la partie sud du complexe ophiolitique de Samail. Elle aboutit à la reconnaissance de guides de prospection et débouche sur des perspectives d'exploitation. Des modèles de genèse de ces trois types de gisements sont proposés. Un ouvrage essentiel sur la géologie des chromites.

N° 126
HILAL AL AZRI

Format 21 × 29,7, 159 p. 82 fig., 10 tabl., 7 pl. photo.

ISBN 2-7159-0401-0 - **PRIX : 170,00 F**

Géologie des nappes Hawasina dans les parties orientale et centrale des montagnes d'Oman

Les nappes Hawasina constituent une méga-unité tectonique correspondant à un fragment de la marge continentale passive sud-téthysienne charriée sur la plate-forme omanaise au Sénonien, au cours de l'obduction des ophiolites de Samail. Cet ouvrage redéfinit la litho- et la biostratigraphie ainsi que la paléogéographie, précise le cadre géodynamique de l'évolution du bassin et distingue trois phases principales de tectonique obductive. Une contribution essentielle pour la géologie de l'Oman.

N° 127
F. BECHENNEC

Format 21 × 29,7, 474 p. 135 fig., 17 annexes, 8 tabl., 36 photographies, 2 pl. h.-t.

ISBN 2-7159-0417-7 - **PRIX : 450,00 F**

Géologie de la nappe ophiolitique de Samail dans les parties orientale et centrale des montagnes d'Oman

L'organisation de la séquence ophiolitique témoigne de son évolution polyphasée et leur étude structurale montre que ces roches ont subi une déformation précoce éo- à synobductive. L'étude pétrologique et géochimique des différentes générations de dykes doléritiques couplée avec celle des cumulats ultrabasiques permet de montrer la succession de trois fusions partielles et l'existence d'une subduction à l'avant du bassin de "Samail". Ceci permet de proposer une hypothèse génétique pour les ensembles ophiolitiques obductés au Crétacé supérieur sur les plateformes arabo-indiennes.

N° 128
M. BEURRIER

Format 21 × 29,7, 412 p. 206 fig., 68 tabl., 8 pl. photo., 7 pl. h.-t.

ISBN 2-7159-0434-7 - **PRIX : 400,00 F**

Géologie de l'autochtone des montagnes d'Oman La fenêtre du Saih Hatat

Étude lithologique, biostratigraphique, structurale et métamorphique des terrains autochtones, dans lesquels on reconnaît un socle sédimentaire protérozoïque supérieur à Ordovicien (Autochtone "A") et sa couverture carbonatée permio-crétacée (Autochtone "B"). Elle constitue un élément de la synthèse géologique des montagnes d'Oman.

N° 129
J. LE METOUR

Format 21 × 29,7, 425 p. 151 fig., 10 tabl., 3 pl. photo.

ISBN 2-7159-0435-5 - **PRIX : 420,00 F**



Editions du BRGM
B.P. 6009
45060 ORLEANS CEDEX 2
FRANCE - Tél. (33) 38.64.30.28

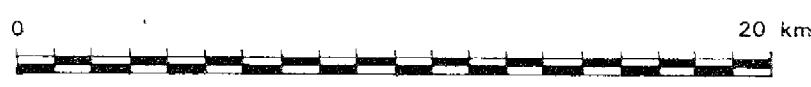
En vente chez votre libraire habituel ou, à défaut, aux Editions du BRGM. Veuillez dans ce cas nous envoyer un chèque du montant de votre commande augmenté de 20 francs de frais de port et d'emballage.


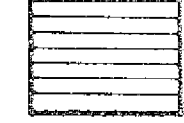

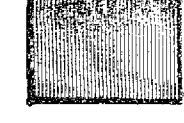





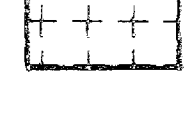

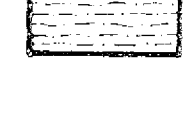

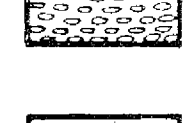
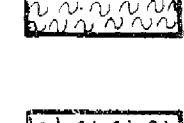
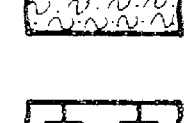
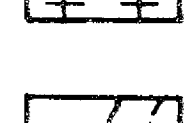
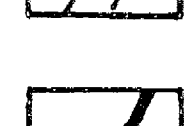

LE MASSIF GRANITIQUE DU VELAY

Jacques DUPRAZ

1983

Echelle : 1 / 200 000



-  Volcanisme tertiaire et quaternaire
-  Formations sédimentaires tertiaires et quaternaires
-  Formations sédimentaires mésozoïques
-  Formations sédimentaires paléozoïques (Permien et Stéphanien)
-  Microgranites tardimigmatitiques
-  Granites tardimigmatitiques
-  Leucogranites à muscovite (texture aplitique à grossière)
-  Granites périvellaves isogranulaires à biotite et à muscovite
-  Granites périvellaves porphyroïdes
-  Granite porphyroïde de la Margeride
-  Schistes épizonaux de la Série de Joyeuse
-  Micaschistes à deux micas et à minéraux alumineux
-  Paragneiss catazonaux à deux micas (sillimanite fréquente)
-  Orthogneiss ocellés et leptynites associées (catazone)
-  Anatexites indifférenciées à biotite - sillimanite
-  Anatexites indifférenciées à cordiérite automorphe et/ou en cocarde
-  Granites d'anatexite hétérogènes indifférenciés à cordiérite automorphe et/ou en cocarde
-  Failles
-  Zone laminée

