Forage scientifique de Sancerre-Couy : introduction

Claude LORENZ (1), Claude MÉGNIEN (2), Christian WEBER (2)

Mots-clés: Monographie, Sondage profond, Anomalie magnétique. Cher département (Sondage GPF Sancerre-Couy), Bassin parisien.

Intérêt de la cible

Du Massif central à la Manche, à travers tout le bassin de Paris le champ magnétique terrestre subit une perturbation importante qui se poursuit en Manche jusque dans la Mer d'Iroise. Cette anomalie géophysique majeure, dite anomalie magnétique du bassin de Paris (AMBP) a été révélée depuis plus d'un siècle ; des mesures ultérieures en ont confirmé la réalité et le détail sans pour autant en déceler l'origine.

L'AMBP représente une des structures géophysiques principales de la France et cependant aucune des interprétations géologiques proposées ne peut être vérifiée par les seuls éléments connus en surface. C'est pratiquement l'exemple parfait d'un grand problème géologique intéressant la croûte supérieure dont la résolution ne peut être obtenue que par sondage.

Dès 1982, lors du colloque initial de lancement du programme GPF, géologues et géophysiciens ont été unanimes à souhaiter la reconnaissance, par forage, du corps qui est à l'origine de cette anomalie. Il ne s'agissait pas seulement de déterminer les propriétés de cette roche, mais de déterminer le contexte structural et géochimique permettant de définir l'origine crustale ou mantellique de ce grand accident et ses conséquences géotectoniques.

Les interprétations qui en avaient été faites indiquaient qu'il ne s'agissait pas d'un accident linéaire mais d'un corps géologique inconnu correspondant à une masse magnétique importante, dont la largeur peut atteindre 20 à 40 km et qui se poursuit sur 450 km dans le socle du bassin de Paris. Ce corps géologique serait lié à une structure majeure du bâti hercynien de l'Europe de l'Ouest.

De nombreux modèles géophysiques avaient été bâtis et ils indiquaient que c'était dans la région de Sancerre que le corps magnétique paraissait le moins profond.

Cependant, aucune partie de l'AMBP ne se superposant à une portion affleurante du socle, aucune contrainte physique directe sur les matériaux à l'origine de l'anomalie n'était disponible.

Contexte géostructural

La carte des anomalies magnétiques de l'Europe de l'Ouest (A. Galdéano *et al.*, 1990, et P. Mouge, 1990) a été réalisée à partir de vols d'acquisition effectués à l'altitude de 3 000 m (fig. 1). Elle permet, par son extension, de comparer l'AMBP aux autres anomalies magnétiques de l'Europe de l'Ouest et de constater que c'est effectivement l'une des anomalies majeures du socle varisque européen.

En Manche, les anomalies positives de direction NE-SW sont parallèles à des chevauchements profonds, de pendage sud, révélés par les profils sismiques SWAT. Le bloc cadomien armoricain venant chevaucher le bloc celte, l'axe magnétique peut correspondre soit à des roches précambriennes préservées dans le raccourcissement crustal (selon J.-P. Lefort, 1973), soit à une suture varisque (selon Ph. Matte, 1986).

Dans le domaine nord armoricain les anomalies magnétiques NE-SW sont corrélables avec les structures cadomiennes et correspondent à des intrusions diorites-tonalites, ou à des basaltes liés à la structure de la marge active cadomienne (620-580 Ma). La cartographie gravimétrique et magnétique montre la prolongation de ce bloc, avec faible couverture paléozoïque, sous tout le quart ouest du bassin de Paris. La sismique profonde du profil ECORS et les sondages ayant atteint le socle sous le bassin, suggèrent le chevauchement de ce bloc cadomien sur une unité crustale nord de la chaîne varisque, au moins jusqu'à la faille du Bray.

Les structures des **zones centrale et sud-armoricaine** se prolongent très nettement sous le bassin de Paris et s'inscrivent du NW-SE vers une direction E-W au nord du Massif central, marquant très bien en gravimétrie et en magnétisme.

La faille du Bray (NW-SE) est un accident coulissant important marqué par de forts gradients magnétiques et gravimétriques parallèles. Elle se poursuit en arc de cercle dans le socle jusque dans les Vosges (où elle sépare les zones moldanubiennes et saxo-thuringiennes). Au nord-est du Bray, les profils sismiques ont mis en évidence le chevauchement des nappes Dinant-Ardennes sur le socle cadomien du Brabant et sa couverture paléozoïque autochtone : la faille du Midi étant considérée comme l'émergence nord du front varisque.

⁽¹⁾ Université P. et M. Curie, CNRS-URA 1315, Département de Géotectonique, Paris.

⁽²⁾ BRGM, Service géologique national/D, Orléans.

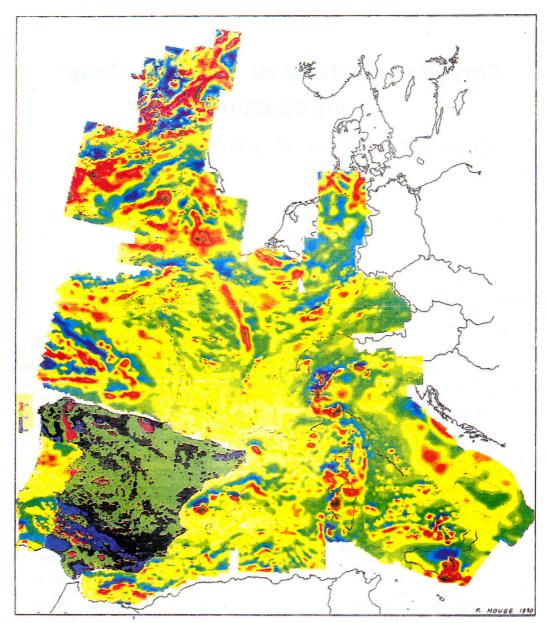


Fig. 1. - Compilation des anomalies magnétiques de l'Europe de l'Ouest (in P. Mouge, A. Galdeano et al., 1990).

Entre le sud de cet accident et le seuil morvano-vosgien, les interprétations sur la structure du socle sont ambiguës.

Dans ce cadre général, l'AMBP se développe sur plus de 450 km de long. Elle présente une série de lobes et rétrécissements qui pourraient correspondre à des décrochements senestres (fig. 2 et 3).

Principales hypothèses concernant l'AMBP *

En simplifiant, on peut considérer que quatre hypothèses ont été émises sur la nature des roches à l'origine de l'AMBP et sur leur signification géodynamique.

Le corps magnétique responsable de l'AMBP peut être formé par :

* D'après J.-M. Quenardel et G. Lerouge (in : Projet de forage au sud de Sancerre (avril 1986)).

- a) des quartzites à magnétite d'origine sédimentaire. Ces roches peuvent appartenir à un ensemble sédimentaire briovérien ou à sa couverture ordovicienne, par exemple des « Banded Iron Formation » (J. Goguel, comm. orale ; C. Weber, 1973). Cette hypothèse est l'une de celles reprises par A. Galdéano et J.-C. Guillon (1988) après la réalisation du profil ECORS « Nord de la France ».
- b) des roches basiques, de nature non précisée, localisées à la limite entre le bloc cadomien occidental et un bloc nord-oriental, qui correspond à une zone hercynienne « externe ». La mise en place de ce magmatisme basique correspondrait à un rift cadomien avorté. Cette hypothèse, proposée par A. Gérard et C. Weber (1971) semble, en partie, soutenue par A. Galdéano (1984).
- c) des roches volcaniques et plutoniques basiques, de nature « intraplaque » en régime distensif à composition tholéïtique à alcaline. L'âge de ce volcanisme pouvant s'échelonner entre le Cadomien et le Lias Dogger (C. Castaing, 1984) ou entre le Cambrien (570 Ma) et le Viséen inférieur (330 Ma) (C. Castaing

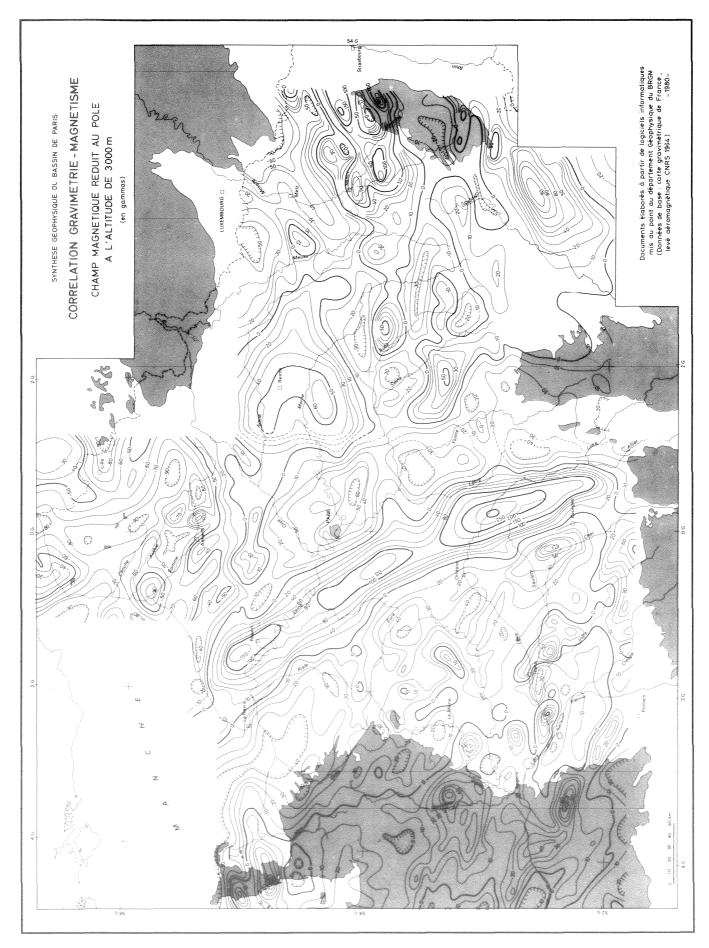


Fig. 2. - AMBP: Champ magnétique réduit au pôle à l'altitude de 3 000 m (A. Autran et al., 1986).

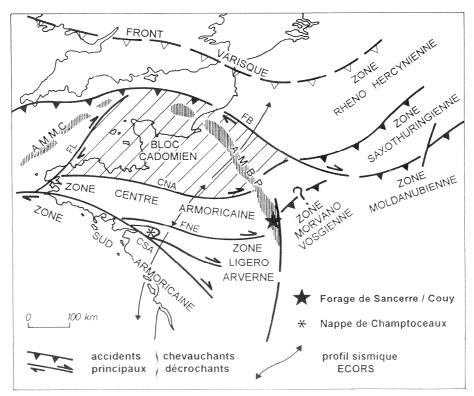


Fig. 3. - Schéma structural et position de l'AMBP (J. Chantraine). AMBP : anomalie magnétique du bassin de Paris ; AMMC : anomalie magnétique de la Manche ; FB : faille du Bray ; FL : faille du Léon ; CNA : cisaillement nord-armoricain ; CSA : cisaillement sud-armoricain ; FNE : cisaillement de Nort-sur-Erdre.

et al., 1985; A. Autran et al., 1986). Ces auteurs figurent les différentes possibilités mais soulignent que la période la plus favorable au développement d'une riftogenèse avec magmatisme basique, en fonction des contraintes tectoniques, se situe entre le Frasnien et le Viséen inférieur.

d) des roches plutoniques basiques de composition gabbro-dioritique correspondant aux intrusions connues dans le domaine de Boussac, au nord du Massif central (J.-M. Quenardel *et al.*, 1985) et dont l'âge de mise en place se situerait au Dévonien supérieur (P. Bouvier, 1985).

La première hypothèse (roches sédimentaires à magnétite) soulève un certain nombre de difficultés. On ne connaît pas de volume assez important de telles roches dans les environs immédiats du bassin de Paris, ni dans les couches briovériennes, ni dans les sédiments ordoviciens. D'autre part, ces niveaux sédimentaires devraient avoir une épaisseur et/ou un pendage assez fort pour rendre compte de la distribution des anomalies du champ magnétique.

La deuxième hypothèse envisagée soulève la question des limites du « bloc cadomien armoricain » sous la couverture du bassin de Paris qui restent encore mal précisées. Les résultats obtenus par l'étude des sondages ayant atteint le socle du bassin de Paris et le profil ECORS « Nord de la France », indiquent que le bloc occidental se poursuit à l'est et au nord de l'AMBP, au moins jusqu'à la faille du Bray, mais au-dessus du toit de l'AMBP. L'existence d'un « rift cadomien », préservé entre un bloc occidental et un bloc oriental est donc compromise. Dans l'hypothèse d'un « rift cadomien » celui-ci serait écaillé à la base de la « nappe du Bray » de P. Matte et A. Hirn (1988) et les roches basiques à l'origine de l'AMBP seraient pincées entre des zones orogéniques dont la structuration s'est essen

tiellement déroulée entre le Dévonien moyen supérieur et le Viséen, et jusqu'au Carbonifère supérieur.

La troisième hypothèse pose le problème de l'ouverture d'un rift intracontinental lié à des mouvements décrochants dans un domaine orogénique en raccourcissement (A. Autran et al., 1986). Par ailleurs, les données du paléomagnétisme (J.-B. Edel, 1984, 1985) suggèrent que le Massif central a subi une rotation de l'ordre de 100° à 110° par rapport à l'Europe stable entre le Namurien et le Stéphanien, ce qui impliquerait une orientation primitive différente de l'AMBP si l'âge de sa formation est anté-namurien.

La dernière hypothèse proposée se heurte au même problème de la mise en place de roches basiques pendant une période de raccourcissement. L'âge proposé pour cette mise en place est très légèrement antérieur à celui de l'ouverture du rift proposé dans l'hypothèse précédente.

L'âge des granites à cordiérite déformés reconnus en sondage, au nord du site de sondage (C. Castaing et al., 1985) n'est pas établi avec certitude, les datations sur minéraux des granites de Sennely et de Rebréchien, entre 290 et 310 Ma (P. Noiret, 1971) n'indiquant vraisemblablement que l'âge de fermeture du système au cours de la dernière phase de métamorphisme.

Structures profondes et données géophysiques (1)

Les interprétations magnétiques effectuées préalablement au projet indiquaient que c'était dans la partie sud de l'AMBP que le toit du corps responsable de

(1) Voir Chapitre Géophysique pour détails.

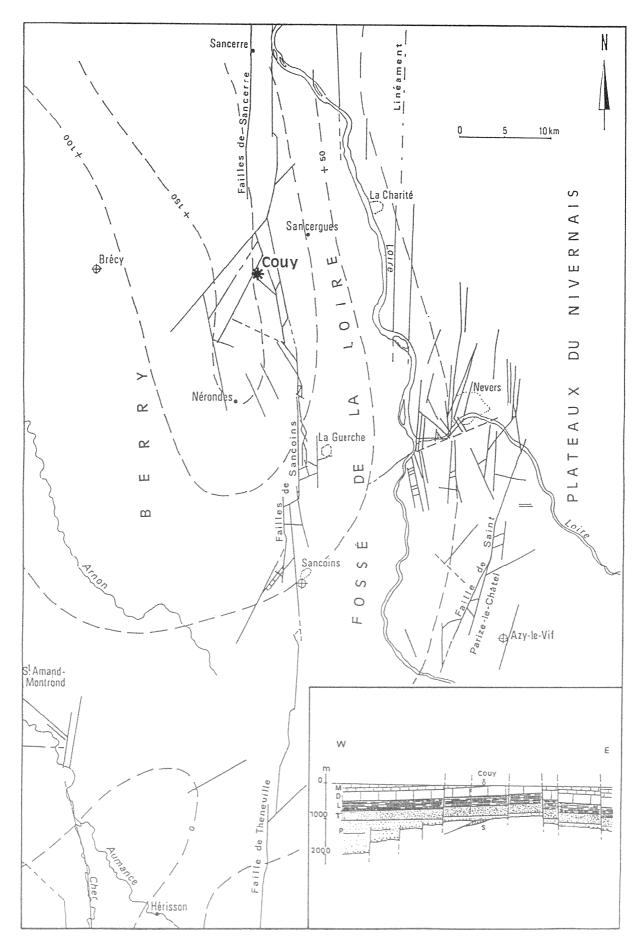


Fig. 4. - Carte structurale régionale de la zone sud de l'AMBP et localisation du sondage de Sancerre-Couy (en superposition, tracé des courbes du champ magnétique). En bas, à droite : coupe schématique du horst de Couy (M = Malm ; D = Dogger ; L = Lias ; T = Trias ; P = Permien ; S = Stéphanien).

l'anomalie était le plus proche de la surface tout en restant dans le domaine intra-socle.

La zone de Sancerre a donc été retenue pour effectuer des modélisations complémentaires, en considérant que la partie la plus méridionale de l'anomalie était aussi celle qui permettait d'atteindre le plus rapidement le socle par forage, compte tenu de l'amincissement de la couverture sédimentaire du bassin de Paris sur sa bordure sud.

C'était également une zone où l'on peut observer une coïncidence entre l'anomalie magnétique et une anomalie gravimétrique positive de direction méridienne.

A. Gérard (1973) avait d'ailleurs fait l'hypothèse que l'AMBP était créée par un corps à la fois lourd et magnétique. Par inversion simultanée des données gravimétriques et magnétiques, il situait le toit du corps vers 2 km de profondeur, sans toutefois pouvoir faire coïncider parfaitement corps lourd et corps magnétique.

Les différentes modélisations effectuées à la demande du groupe de projet, en 1984, par N. Debéglia, A. Guillen et V. Menichetti, en programmation linéaire et en 2,5 dimensions, puis par A. Guillen (1985) en trois dimensions, donneront l'image d'un corps dense et aimanté dont le toit se situe à moins de 3 km de profondeur dans la région de Couy.

Par ailleurs, la zone retenue avait fait l'objet, en 1985, de profils de sismique réflexion, enregistrés sur 4 s. TD., réalisés pour la société ESSO; il a été possible d'en disposer pour étudier l'implantation du forage, et de compléter l'information par une campagne de sismique réfraction effectuée par le BRGM et l'IPG/CNRS de Garchy.

Les travaux de sismique ont permis de bien mettre en évidence la structure en horst de la zone de Couy avec une réduction importante de la puissance de la série sédimentaire, limitée à une épaisseur de l'ordre du kilomètre.

Des levers géologiques détaillés, effectués sur la zone de Couy, confirmaient l'existence de failles en échelons moulant le horst de Couy qui apparaissait de direction subméridienne (fig. 4) (J. Lorenz *et al.*, 1984-1985).

Dans le domaine intra-socle, par contre, la seule structure relativement continue qui ait été mise en évidence, dans une succession de petits réflecteurs subhorizontaux, est une zone fortement réfléchissante, montrant un léger plongement vers l'est, située vers 3 s. TD., soit vers une profondeur estimée de 8 à 10 km de profondeur. Par ailleurs, un marqueur discontinu a pu être localisé à l'est immédiat de Couy, la sismique réflexion le plaçant vers 2,5-2,8 km de profondeur et la réfraction aux environs de 3 km (A. Hirn *et al.*, 1986).

Considérant que le corps lourd et magnétique coïncidait avec l'axe du horst et que les profondeurs d'interfaces données par les modélisations gravimagnétiques avaient également une identification possible en sismique, le site de Couy a été retenu pour le projet de forage (fig. 5).

Objectifs du forage

Le Conseil scientifique du programme GPF était tout à fait conscient des risques encourus par un forage limité, pour des questions budgétaires, à 3 500 m de profondeur. Cependant, l'affirmation que la profondeur du toit de la structure magnétique ne pouvait, selon les modèles pris en compte, être supérieure à 2,5 km et, dans les hypothèses les plus pessimistes à 3,5 km a été déterminante. La décision a été prise d'entreprendre les travaux aux conditions suivantes :

- a) Le forage serait réalisé en deux phases, la première en carottage continu jusqu'à 1 800 m de profondeur.
- b) Si les observations géologiques et géophysiques effectuées étaient de nature à confirmer les hypothèses retenues, le forage serait prolongé, mais en carottage intermittent, jusqu'à 3 500 mètres.

Cette démarche prudente a été couplée avec la prise en compte de quatre objectifs complémentaires :

- 1) reconnaître, grâce au carottage continu, une coupe stratigraphique complète de la série sédimentaire du bassin de Paris sur sa marge méridionale. Ceci répond à la nécessité de disposer d'une coupe-type de référence dans cette région afin de pouvoir caler les nombreuses diagraphies pétrolières. On aurait ainsi la possibilité d'étudier les conditions de sédimentation et de paléoenvironnement de la série sédimentaire et, également, celle de réaliser une séquence magnéto-stratigraphique du Permo-Trias et du Lias;
- 2) explorer la nature du contact entre les sédiments et le socle ; déterminer la présence éventuelle de dépôts stéphaniens ; reconnaître, en carottage continu, les premières centaines de mètres du socle hercynien pour déterminer avec précision sa composition et sa structure et analyser ses relations possibles avec le corps responsable de l'AMBP grâce aux indications du contexte géochimique et géotectonique ;
- 3) mettre en œuvre des mesures géophysiques permettant de valider ou de corriger les modèles établis au départ : mesures de vitesses soniques pour calibrer la sismique et mesures de champs de gradient vertical et de susceptibilité pour recaler les modèles magnétiques. À cette occasion, procéder à des expérimentations méthodologiques notamment dans les domaines de sismique de puits et de diagraphies magnétiques en forage ;
- 4) rechercher la présence éventuelle de fluides profonds piégés dans le socle et reconnaître leurs compositions et leurs conditions de gisement.

Implantation et réalisation des travaux

Le forage Couy 1 a été implanté à 20 km au sud de Sancerre, sur le territoire de la commune de Couy (Cher), à l'intersection du profil sismique E-W de la société ESSO avec l'axe de l'anomalie magnétique (x = 638,317; y = 235,785; z = 189,8) (fig. 6).

Les travaux de forage ont été réalisés du 1^{er} octobre 1986 au 22 novembre 1987.

Le programme de forage a été établi sur la base de deux phases successives :

- la première de 0 à 1 800 m avec un matériel de sondage de type minier, Salzgitter RB 80, permettant un carottage continu avec couronne diamant et orientation des carottes (diamètre 6");
- la seconde de 1 800 à 3 500 m avec du matériel de type pétrolier, IDECO H 727, en rotary traditionnel avec seulement 10 % de carottage (24 carottes espacées de 60 à 100 m).

Deux incidents de forage ont dû être maîtrisés. Le premier s'est produit à la fin de la première phase par suite de la chute dans l'ouvrage de nombreuses lames métalliques provenant de l'arrachement de centreurs de tubage. Chassés dans les terrains tendres par le reforage, les débris métalliques interdisaient de nombreuses diagraphies, notamment d'ordre magnétique. Il a été nécessaire, pour permettre de les réaliser, de forer rapidement

un forage Couy 1bis de service, à 60 mètres au sud du précédent et descendant en destructif jusqu'à 995 m. Ce forage a donné la possibilité de faire des observations géologiques complémentaires intéressantes et de réaliser une tomographie sismique entre forages. Son coût a été supporté par l'assurance « accident » du forage.

Le deuxième incident s'est produit au cours de la seconde phase par suite du coincement des tiges à

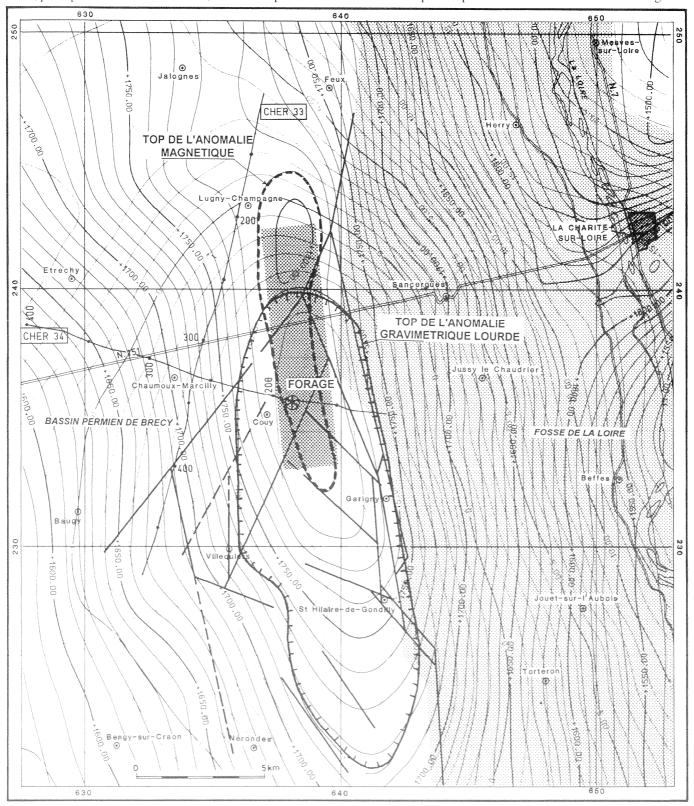


Fig. 5. - Cadre géophysique et géologique d'implantation du forage de Sancerre-Couy (top de l'anomalie gravimétrique lourde (ligne à crochets), top de l'anomalie magnétique (tiretés), compartiment haut du horst de Couy d'après les levers de surface (rectangle grisé foncé), profils sismiques cher 33 et cher 34.

FORAGE DE SANCERRE - COUY

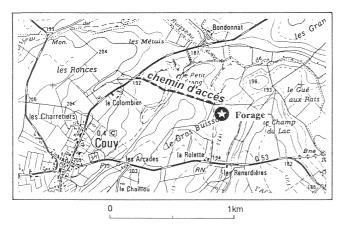


Fig. 6. - Implantation du forage de Sancerre-Couy.

2 992 m et de la perte de 290 m d'éléments de forage. Dans le cadre des risques couverts par assurance, le forage a été cimenté en dessous de 1 830 m et repris en déviation de cette cote jusqu'aux 3 500 m prévus. Le carottage intermittent n'a été repris qu'à partir de 3 000 m, cote précédemment atteinte (ce trajet est appelé Couy 1b).

Là aussi, au plan géologique et structural, il a été très intéressant d'observer les données fournies par un deuxième trajet, notamment pour confirmer le pendage et la direction des faciès métamorphiques rencontrés.

Les figures 7, 8 et 9 résument les données techniques exposées ci-dessus.

Dispositif de suivi scientifique du forage

Sur le chantier

En plus du suivi classique des paramètres techniques de la foration (vitesse de rotation, poids sur l'outil, vitesse d'avancement) et de ceux concernant la boue de circulation, le forage a été équipé d'un dégazeur de boue et les fluides ont été suivis à l'avancement. La mise en place d'une détection en continu et d'analyse séquentielle des hydrocarbures gazeux a été complétée par l'installation du suivi du radon par chambre d'ionisation différentielle et du contrôle de l'hélium par spectrométrie de masse (voir chapitre consacré aux fluides).

Le suivi minéralogique des cuttings a été effectué dans le socle pour la phase de carottage discontinu.

L'orientation des carottes a été faite, au cours de la phase de carottage continu, par la méthode de prise d'empreintes orientées de la cassure de la carotte solidaire du fond de trou (appareil BTV 20 - BRGM) et la génératrice sud de repérage tracée sur les carottes.

Au laboratoire CNRS-Garchy (Nièvre)

Carottes

Après leur orientation, les carottes étaient transportées au laboratoire installé dans les locaux du CNRS de Garchy. Une fois nettoyées, elles étaient cotées à nouveau, avant d'être photographiées. Une première des-

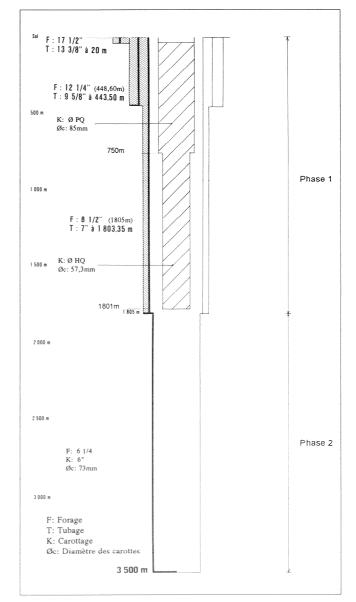


Fig. 7. - Forage de Sancerre-Couy 1 : coupe technique.

cription commençait avec le dessin d'une coupe au 1/10° dans un « grand livre » qui, peu à peu, se chargeait des observations de chaque spécialiste. L'étude structurale venait ensuite ; elle était suivie de la prise d'échantillons orientés (tous les 0,50 m par exemple pour la magnétostratigraphie et l'étude minéralogique). A ce stade, les carottes étaient sciées en long en deux parties, suivant le plan nord-sud ; une moitié était destinée à la conservation, l'autre était disponible pour l'échantillonnage.

Il est à noter que le matériel d'étude était de premier choix, le carottage ayant été réalisé avec pratiquement 100 % de récupération dans la phase 0-1 800 m et 75 % des carottes orientées in situ.

Cuttings

Le suivi minéralogique des cuttings, sur le chantier, était complété par une analyse chimique systématique en fluorescence X effectuée à Garchy, avec un intervalle de 3 m. Le couplage du suivi minéralogique et géochimique a permis, associé aux données de diagraphies, de reconstituer la lithologie des zones non carottées et de corréler par exemple la coupe du forage principal et celle du trajet dévié (Documents du BRGM n° 137).

Entreprises de forage : CFFM et GEOFOR, filiale géothermique de FORASOL

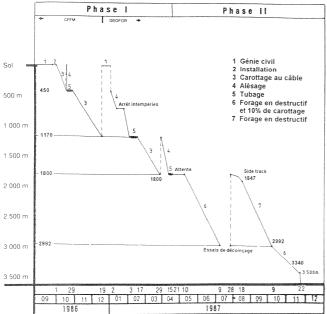


Fig. 8. - Forage de Sancerre-Couy 1 : calendrier des travaux

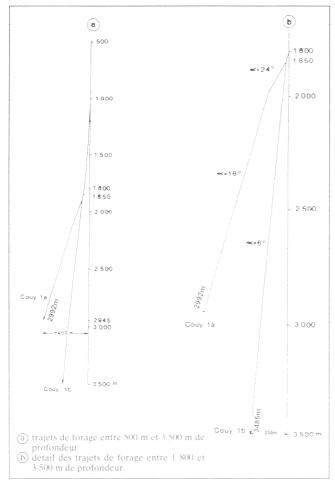


Fig. 9. - Forage de Sancerre-Couy : Déviation et trajets de Couy 1 a et Couy 1 b.

Mesures physiques

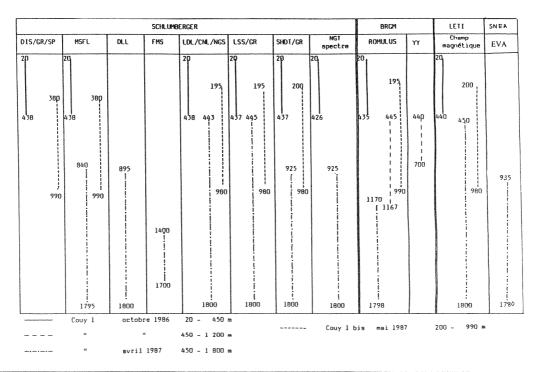
De nombreuses mesures ont été faites à Garchy sur les propriétés pétrophysiques des roches carottées, surtout sur le socle. Il s'agit principalement de mesures de densité et de mesures de susceptibilité magnétique (cf. chapitre consacré à la géophysique).

Les études effectuées dans le laboratoire de Garchy ont nécessité de nombreuses tâches parfois fastidieuses. Elles furent assurées par une petite équipe permanente que venait constamment épauler un grand nombre de spécialistes. C'est ainsi par exemple que d'octobre à la fin de février — durée de temps nécessaire pour l'étude du sédimentaire — plus de 35 personnes ont travaillé à Garchy pour un total d'environ 700 journées. Ces chiffres supportent la comparaison avec ceux de grandes expéditions internationales. Le nombre de chercheurs qui ont offert spontanément leur collaboration est à souligner.

Il est certain que l'ensemble des conditions de travail, dans l'environnement scientifique et technique de ce campus de recherche du CNRS, a constitué une situation exceptionnelle, surtout si on les compare à celles d'un chantier de forage habituel.

1986	septembre	Aménagement de la plate-forme et accès
	1-4 octobre	Montage de l'appareil SALZGITTER
	4-6 octobre	Avant-puits 0-20 m, foré 17"1/2,
	1 0 0010010	tubé 13"3/8
	5-18 octobre	Carottage PQ 0-450 m
vo dalamadás	19-22 octobre	Alésage 12"1/4
	23 octobre	Diagraphies 0-450 m
	24-30 octobre	Tubage 9"5/8 et cimentation
	31 oct19 déc.	Carottage PQ 450 à 1 163 m
	31 Oct. 17 dec.	Carottage i Q 150 a i 105 m
1987	20 déc5 jan.	Montage IDECO H725
1307	6 jan2 fév.	Alésage 8"1/2 de 450 à 1 163 m
	2-17 février	Instrumentation
	18 fév29 mars	Carottage PQ de 1 164 à 1 801 m
	30 mars-14 avril	Alésage 8"1/2
	15-16 avril	Diagraphies, PSV et PSO de 450 à
	15 10 4111	1 800 m
	17-21 avril	Tubage 7" et cimentation
	22 avril	Arrêt COUY 1 pour attente phase II
	16 avril-5 mai	Forage destructif COUY 1 bis de 0
		à 994 m
	6-9 mai	Diagraphies COUY 1 bis et tomo-
		graphie
	11 mai	Reprise du forage COUY 1
- Committee Comm	11 mai-9 juillet	Forage dest. 6"1/4 de 1 801 à 2 990 m,
-	*	14 carottes
	9-23 juillet	Instrumentation
and the second	24 juill18 août	Cimentation de 1 840 à 2 290 m et
and the same of th		side track
	19 août-9 oct.	Forage destructif 6"1/2, en dévia-
		tion de 6° de 1 840 à 2 290 m
	10 oct22 nov.	Forage id. avec 11 carottages de
		2 990 à 3 500 m
BAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA	23-25 novembre	Diagraphies, PSV et PSO de 1 800 à 3 500 m
	28-29 novembre	Essai de tests de fluides
	30 nov23 déc.	Boue anticorrosion et démontage
		du chantier
1988	17-18 mars	Thermométrie d'équilibre
	2-3 juin	Nettoyage du forage (coiled tubing)
	9-16 juin	Pompage préliminaire
	16-17 juin	Thermométrie de déséquilibre
	17-20 juin	Remontée du niveau et prélève-
	,	ments
	21-25 juin	Pompage d'essai et prélèvements
	10-19 août	Pompage d'essai final

Fig. 10. - Forage de Sancerre-Couy : Historique des travaux de chantier



SCHLUMBERGER						B.R.G.M.	CRG GARCHY
DLL/MSFL	LDL/CNL/GR	NGS	BHC/GR	Température GPIT	Magnétisme GPIT modifié	Sonde Romulus	Sonde marine
1800	1800 1800	1800	1800 1800			1800	2200
	3500		3500	3500	3500		

____ Couy 1a 25/7/87 ---- Couy 1b 26/11/87

Notation des tableaux 1 et 2 de cette figure		Correspondance avec notations on, F. Zwingelferg et figure 13 p. 90)	Notation des tableaux Let 2 de cette figure	Correspondance avec notations du texte R. Millon, F. Zwingellerg (p. 84 et figure 13 p. 90)		
DIS GR	Double Inductolog Gamma Ray (en combinaison avec d'autres sondes)	CGR	SHDT ROMULUS	Stratigraphie haute définition Susceptibilité magnétique « conductivité électrique (prototype)		
SP	Polarisation spontanée		(Outil BRGM)			
MSFL.	Micro Spherical Focused Log	MSFL	Sonde marine	Susceptibilité magnétique + conductivité électrique		
DLL.	Double Latérolog	LLD	(CRG-Garchy)			
FMS (MST)	Micro Scanner Tool		GPIT	General Purpose Inclination Tool (déviation en azimut et déclinaison	7	
LDL	Lithodensité (d'après le log gamma-gamma)	RHOB		- température)		
77	Log gamma-gamma (BRGM) avec conversion on densit		GPIT modifié	Donne la valeur du champ magnétique et de trois composantes		
	Spectrometric Gamma Ray	SGR		perpendiculaires		
CNL.	Neutron compensé (porosité neutron)	NPHI	P.S.V.	Profil Sismique Vertical		
NGS/NGT	Spectrométrie des rayonnements gamma naturels,		CET	Cement Evaluation Tool		
	U, Th, K URA	N. THOR. POTA	EVA	Evaluation des vitesses et des atténuations		
LSS	Sonique grand espacement		(SNEAP)			
BHC	Sonique normal	DT		Photo Electric Factor	PEF	

Fig. 11. - Forage de Sancerre-Couy: Diagraphies réalisées (2 tableaux).

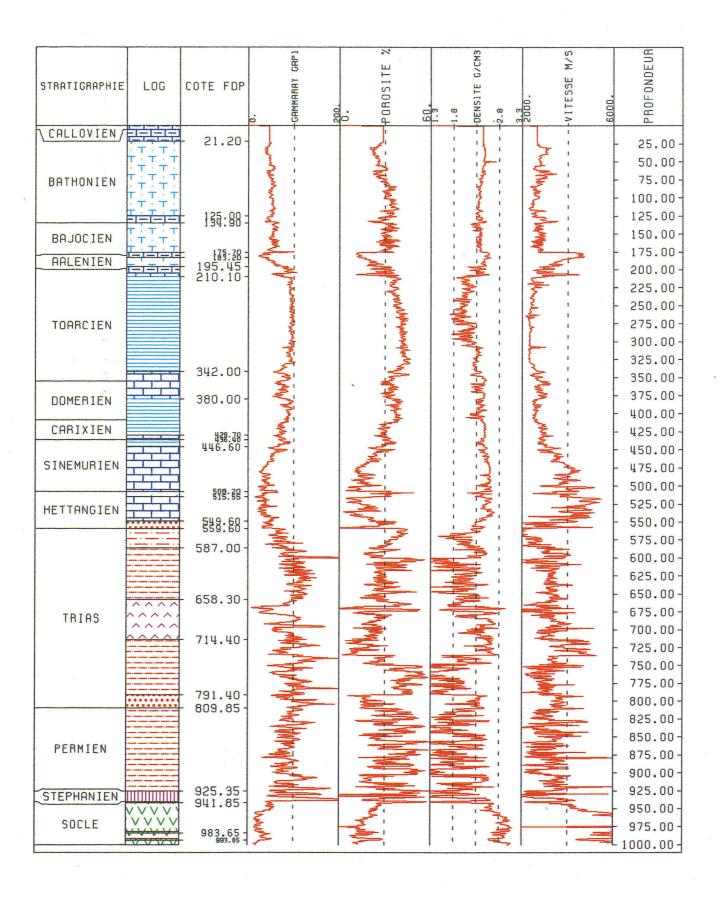


Fig. 12. - Forage de Sancerre-Couy : Log composite (exemples).

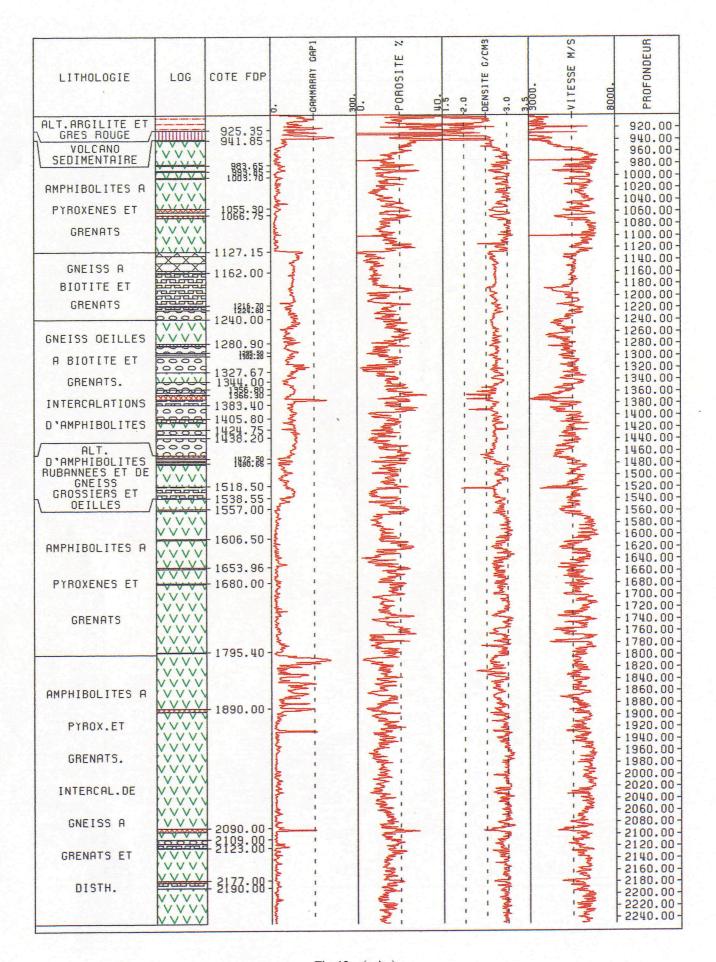


Fig. 12. - (suite).

LITHOLOGIE	LOG	COTE FDP	«О. -САМИВВЯТ САР] ЭОО.	0. -POROSITE % 40.	2.0 DENSITE G/CM3	3000. -VITESSE M/S	8000. PROFONDEUR
AMPHIBOLITES A	V V V V	2177:00 -	مدرسه المدرسة	MILITA	MAN Janu	AND THE PROPERTY OF THE PROPER	- 2160.00 - - 2180.00 - - 2200.00 -
PYROX.ET	V V V V	- 2251.00-	1				- 2220.00 - - 2240.00 -
GRENATS.	V V V V		سير السلام	A CONTRACTOR OF THE PARTY OF TH	Aberra Alberta	-	- 2260.00 - - 2280.00 -
INTERCAL.DE		2298.00 - 2328:00 -		Manual		1	-2300.00- -2320.00- -2340.00-
GNEISS A		- 2358.00 - - 2378.00 -			The state of the s		- 2360.00 - - 2380.00 -
GRENATS ET	V V V V			A Park	The state of the s	1	- 2400.00 -
DISTH.	VVVV	- 2456.00-	Myhny		Anton Marie	1	-2440.00- -2460.00-
	VVVV	- 2500.00 -		3	1	NA NA	- 2480.00 - - 2500.00 - - 2520.00 -
ALT.GNEISS			- Independ	of williams	Physial P	Huran	- 2540.00- - 2560.00-
LEUCO A BIOT.			Markon	at the same		Mayboth	- 2580.00 - - 2600.00 - - 2620.00 -
GRENATS DISTH.			Trail of the state	A MANAGE AND A MAN	PAR-MATILIAN	ap Towns Take	- 2640.00 - - 2660.00 - - 2680.00 -
ET GNEISS A	~ ~ ~	- 2726.00-		My had party	AND AND	an Mar	- 2700.00 - - 2720.00 - - 2740.00 -
BIOT.GRENATS	~ ~ ~	- 2783. NO -		Market State	1	J. January	- 2760.00 - - 2780.00 -
HORNBL.		- 2783.00 - - 2797.00 - - 2815.00 -		The same	No.	A Partie	- 2800.00 - - 2820.00 -
		- 2837.00 - - 2875.00 -	- F	War I	1	N. S.	- 2840.00 - - 2860.00 -
	a Hachar	- 2900.00 - - 2916.00 -		-	*	No.	- 2880.00 - - 2900.00 - - 2920.00 -
GNEISS A	~ ~ ~	- 2964.00 -	=	**	1	1	- 2940.00 - - 2960.00 -
AMPHIBOLES	~ ~ ~ ~	2020 00		3	3	3	- 2980.00 - - 3000.00 -
		- 3020.00 - - 3047.00 -			3	Mandellander	- 3020.00 - - 3040.00 - - 3060.00 -
		2112 00		3	Thatwan	Wash of the	- 3080.00 - - 3100.00 -
	/ - / -	-3112.00- -3128.00-	1		The state of the s	Verm	-3120.00- -3140.00-
GNEISS A BIOT.	2/2/		Ž.	dudukuvited	MANAGERIA	W. CARRIEN	- 3160.00 - - 3180.00 - - 3200.00 -
GRENATS	-/-/	3226.00		Water and the second	Markey	Assertion	- 3220.00 - - 3240.00 -
MYLONITEOUS ST	(= / -	3261:00 - 3273:00 - 3300.00 -			=	Mound	- 3260.00 - - 3280.00 - - 3300.00 -
MYLONITIQUE ET	Z-Z-		8	De Allege	-	The same	- 3320.00 - - 3340.00 -
ANATECTIQUE	7-1-1	3353.00	Market I	& Mary	-	The state of the s	- 3360.00 - - 3380.00 -
	V-V-	3412:00	2			- Labora	- 3400.00- - 3420.00-
		3442.00 - 3481.00 -	700	{	The state of	Sent Long	- 3440.00 - - 3460.00 - - 3480.00 -
		3481.00 - 3498.00 -	7	,	· 13 '	, 4	3500.00-

Fig. 12. - (fin).

Documents généraux

Des documents généraux, auxquels il sera fait appel dans les différents chapitres, sont regroupés à la fin de cette introduction. Il s'agit de :

- l'historique des travaux de chantier, de 1986 à 1988 (fig. 10);
- la liste des diagraphies réalisées et de leurs zones de profondeur (fig. 11);
- un log composite : coupe géologique résumée et exemples de diagraphies : gamma ray, porosité, densité, vitesse sonique (fig. 12).

Références

AUTRAN A., CASTAING C., DEBEGLIA N., GUILLEN A., WEBER C. (1986). - Nouvelles contraintes géophysiques et géodynamiques pour l'interprétation de l'anomalie magnétique du bassin de Paris ; hypothèse d'un rift paléozoïque refermé au Carbonifère. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), **11**, pp. 125-141.

BOUVIER P. (1985). - Les gabbro-diorites du domaine de Boussac. Pétrographie, minéralogie, géochimie. Relations avec le magmatisme acide du domaine de La Marche-Guéret. Thèse 3° cycle, Orsay, 262 p.

Castaing C. (1984). - Évolution des différents contextes tectoniques et géodynamiques du socle du bassin de Paris depuis le Protérozoïque ; nouvelles hypothèses sur la nature de l'anomalie magnétique. Documents du BRGM, n° 81, 2, pp. 163-183.

CASTAING C., HOTTIN A.M., AUTRAN A. (1985). - Apport de l'étude pétrostructurale des carottes de socle dans l'interprétation géodynamique de l'anomalie magnétique du bassin de Paris. Hypothèse d'un rift dévonien refermé au Carbonifère. Documents du BRGM, n° 95-2, pp. 81-111.

EDEL J.B. (1984). - Étude paléomagnétique du nord du Massif central (extrémité méridionale de l'anomalie magnétique du Bassin parisien). Documents du BRGM, nº 81-2, pp. 45-61.

EDEL J.B. (1985). - Magnétisme et paléomagnétisme des roches du socle au sud de l'anomalie magnétique du bassin de Paris. Documents du BRGM, nº 95-2, pp. 17-28.

GALDÉANO A. (1984). - Détermination de la profondeur du toit des sources dans la partie méridionale de l'anomalie magnétique du bassin de Paris, Documents du BRGM, n° 81-2, pp. 185-195.

GALDÉANO A., GUILLON J.C. (1988). - Interprétation des données magnétiques et gravimétriques. Programme ECORS, editions Technip. Profil nord de la France, p. 127.

GALDÉANO A., MIRANDA M., MATTE P., MOUGE P., ROSSIGNOL J.-C. (1990). - Aeromagnetic data: a tool for studying the Variscan arc of Western Europe and its correlations with transatlantic structures. *Tectonophysics*, **177**, pp. 293-305.

GÉRARD A. (1973). - L'interprétation par cartes transformées des champs magnétiques et gravimétriques. Application à une étude géophysique du Bassin parisien et de l'anomalie magnétique de la Manche. Thèse Université de Strasbourg.

GÉRARD A., WEBER C. (1971). - L'anomalie magnétique du bassin de Paris interprétée comme élément structural majeur dans l'histoire géologique de la France. *C.R. Acad. Sci, Fr.*, (D), **272**, pp. 921-923.

GUILLEN A. (1985). - Modélisation 3D de l'anomalie magnétique du bassin de Paris. Documents du BRGM, n° 95-2, pp. 29-45.

GUILLEN A., DEBEGLIA N. (1984). - Contribution à l'étude de l'anomalie magnétique du bassin de Paris. Documents du BRGM, n° 81-2, pp. 1-15.

HIRN A., LEROUGE G., LORENZ C., MEGNIEN C., MILLON R. WEBER C. (1986). - Note de synthèse sur les campagnes sismiques, GPF n° 86/113, mai 1986.

Lefort J.-P., Weber C. (1973). - Le socle anté-Permien sous le bassin anglo-franco-belge, d'après les données géophysiques, essai de corrélations entre les massifs hercyniens périphériques de la chaîne varisque. Eur. Occid. moyenne, Coll. intern., CNRS n° 243, pp. 415-422.

LORENZ J., BERGERAT F., DELANCE J.H., LORENZ C., OBERT D. (1984). - Manifestations tectoniques et sédimentologiques affectant la couverture sédimentaire dans la zone sud de l'anomalie magnétique du bassin de Paris. Documents du BRGM, n° 81-1, pp. 149-161.

LORENZ J., BERGERAT F., BERNARD P., LORENZ C., MENOT J.C., GELY J.P. (1985). - Études structurales et sédimentaires sur la couverture mésozoïque de la partie méridionale de l'anomalie magnétique du bassin de Paris : rapports entre le sous-bloc biturige, le fossé de la Loire et le bloc bourguignon. Documents du BRGM, nº 95-2, pp. 137-149.

MATTE P. (1986). - Tectonics and plate tectonics model for the Variscan Belt of Europe. *Tectonophysics*, **126**, pp. 329-374.

MATTE P., HIRN A. (1988). - Seismic signature and tectonic cross section of the Variscan crust in Western France. *Tectonics*, 7, n° 2, pp. 141-155.

MEGNIEN C., LEROUGE G., LORENZ C., WEBER C. (1986). - Projet de forage au Sud de Sancerre (Cher), thème « Anomalie magnétique du bassin de Paris ». Rapport BRGM, n° 86 SGN 746 GEO, 146 p. + annexes.

MOUGE P. (1990). - Assemblage et interprétation des données aéromagnétiques au-dessus de l'Europe de l'ouest et de la Méditerranée occidentale. Thèse Univ. Paris VII.

MOUGE P., AUTRAN A., GALDEANO A. (1991). - The Paris basin magnetic anomaly from the variscan belt to the Couy borehole. Document GPF inedit (documentation interne, GPF-AMBP, n° 98).

MOUGE P., AUTRAN A., GALDEANO A. (1992). - Revealing of a shallow source superposed on the deep source of the Paris basin magnetic anomaly. VIth International symposium on the observation of the continental crust through drilling - Abstracts. Documents du BRGM, n° 213, p. 191.

NOIRET G. (1971). - L'âge du socle du Bassin parisien par la méthode rubidium-strontium. Thèse 3° cycle, Paris, 37 p.

QUENARDEL J.M., LEROUGE G., BOUVIER P., GUEZOU J.C., LANGANEY C., LEMAIRE D., ROLIN P. et SCHMITT P. (1984). - Nature et évolution géologique du Massif central septentrional à l'Ouest de l'Anomalie magnétique du bassin de Paris. Documents du BRGM, n° 81-2, pp. 131-141.

QUENARDEL J.M., LEROUGE G., ROLIN P. (1985). - Histoire des déformations dévono-carbonifères dans le nord du Massif central. Documents du BRGM, n° 95-2, pp. 127-136.

WEBER C. (1973). - Le socle antétriasique dans la partie sud du bassin de Paris d'après les données géophysiques. *Bull. BRGM, Fr.*, (2), section 2, pp. 219-343.

16 Mémoire Géologie profonde de la France tome 3 Géologie de la France tome 3