

5. Conclusions générales

Forage scientifique de Sancerre-Couy : conclusions générales

Albert AUTRAN ⁽¹⁾, Jean CHANTRAINE ⁽²⁾, Claude LORENZ ⁽³⁾,
Claude MÉGNIEN ⁽⁴⁾, Christian WEBER ⁽⁴⁾

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

Apports à la connaissance du bassin de Paris

La base de la série sédimentaire est représentée par un *Permien* supérieur réduit à une centaine de mètres d'épaisseur reposant en discordance sur un *Stéphanien* tectonisé et redressé. Ce dernier est coupé de nombreux contacts tectoniques obliques et composé d'arénites alternant avec des passées volcaniques qui sont des coulées de type trachy-andésitiques, voire même cinéritiques au sommet. Ces faciès, datés du *Stéphanien*, sont du même type que ceux connus dans le nord du Massif central et ils reposent en contact tectonique sur le socle métamorphique. Cette disposition en écaille a été confirmée par la tomographie sismique effectuée entre le forage principal et le forage de service exécuté à 60 m de distance. On a donc bien ici la présence d'une phase tectonique tardi-carbonifère, disensive puis compressive précédent l'érosion anté-permienne. Cette dernière ne devait pas être arrivée au stade de pénéplaine sur le horst de Couy comme pourraient en témoigner les différences de cote de la base du *Permien* entre les deux forages proches Couy 1 et Couy 1 bis. Ce petit bassin stéphanien, à peine décelable sur le profil sismique CHER 34, est situé nettement à l'ouest de la zone de failles N-S indiquée par le très fort gradient gravimétrique E-W entre le bloc Bourbonnais-Morvan à l'est et la zone du Cher à l'ouest. Il s'apparenterait aux bassins multiples qui, de Montluçon à Decize, paraissent contrôlés par l'amortissement nord en « queue de cheval » du décrochement senestre du sillon houiller (fig. 1).

En ce qui concerne le *Trias*, l'étude stratigraphique et sédimentologique qui a été faite sur les grès de base de la série évaporitique à anhydrite apporte des éléments nouveaux. La découverte d'une association paly-

nologique rapportée au *Ladinien* supérieur et la mise en évidence de faciès de sédimentation détritique et évaporitique à caractères tidaux conduit à placer à cette époque la première incursion marine dans le sud du bassin de Paris, brève incursion qui donne le signal de la grande phase évaporitique qui lui succède.

Pour le *Lias* et le *Jurassique moyen* les études montrent tout l'intérêt que présente le sondage carotté pour une analyse bio-stratigraphique fine. Les quelque 200 ammonites dégagées des carottes dans le *Lias* et le *Dogger*, les déterminations micropaléontologiques et palynologiques, ont permis un calage d'une précision exceptionnelle. Les auteurs ont étendu ces informations à une partie importante du sud du bassin de Paris en utilisant les corrélations par diagrapiques entre le forage de Sancerre-Couy et différents forages pétroliers anciens (Brécy 1, Contres 1, Menetou 1) ou récents (Bertray 1).

Le carottage continu a permis également de faire une analyse séquentielle détaillée du Jurassique, depuis l'*Hettangien* jusqu'au *Callovien*, grâce aux discontinuités, arrêts de sédimentations, et ravinements observés sur les carottes. Les séquences ont été corrélatées aux cortèges minéralogiques, aux biozones, et aux indications fournies par les diagrapiques géophysiques.

A une échelle plus fine, une étude sur la genèse des alternances métriques marnes-calcaires du *Bajocien* supérieur nous montre que le phénomène résulte de la succession de dépôts carbonatés à spicules de calci-spongaires avec des séquences marneuses dont la phase carbonatée est constituée de cocolithes. L'étude de la composition originelle du sédiment, compte tenu de la compaction, permet d'évaluer les vitesses moyennes de chaque type de dépôt et de proposer, pour les événements carbonatés une période de retour de l'ordre de 40 000 ans, ce qui pourrait suggérer un contrôle par des variations eustatiques en relation avec celles de l'obliquité de l'axe terrestre.

(1) BRGM, Direction Scientifique, Orléans.

(2) BRGM, SGN/Département Cartes et Synthèses géologiques, Nantes.

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

(4) BRGM, Service géologique national, Orléans.

La magnétostratigraphie de la série sédimentaire de Sancerre-Couy a été l'un des objectifs qui ont entraîné le choix du carottage continu orienté. L'orientation azimutale de carottes a permis d'accéder non seulement aux mesures des inclinaisons comme en forage océanique, mais aussi à celles de la déclinaison ce qui donne la possibilité de déterminer la position du paléo-pôle. Toute la série a été échantillonnée et près d'un millier de témoins ont été traités, par désaimantation thermique. Dans la série liasique, cependant, la présence importante de pyrite a fait obstacle aux traitements. De bonnes mesures, par contre, ont été obtenues dans le Permien et dans le Trias :

- Le Permien supérieur sous son faciès argilites et grès rouges a été recoupé sur 115 m, et toute la série révèle une polarité inverse correspondant à l'intervalle Kiaman. Le calage de cette inversion sur la série régionale est intéressant, de plus les calculs faits sur les valeurs de l'inclinaison et de la déclinaison situent un pôle magnétique Permien supérieur en concordance avec les résultats obtenus à partir des formations de même âge au sud-est de la France.

- Pour l'ensemble de la séquence du Trias les directions retenues présentent les deux états de polarité avec une large prédominance pour la polarité normale. Cependant la fréquence des inversions de polarité connue dans le Trias rend très difficile l'interprétation des mesures faites à Couy.

La diagenèse des sédiments a été un pôle d'intérêt important de la série sédimentaire et deux sujets ont été particulièrement étudiés : compaction des dépôts et évolution de la matière organique.

- L'abondance des ammonites dans le Lias a été utilisée pour faire des mesures de déformation des moules internes et en déduire la compaction des sédiments ; sur la série jurassique le taux moyen de compaction est de 2 à 5 (c'est-à-dire que les sédiments ont été réduits entre 50 et 20 % de leur épaisseur initiale). Les valeurs de sous-compaction (< 2) sont rencontrées dans les niveaux carbonatés et correspondent à une lithification précoce ; les valeurs de sur-compaction (> 5) dans les niveaux peu carbonatés et indiquent un départ de matières important réduisant leur épaisseur initiale bien au-delà de la simple fermeture mécanique de la porosité associée à l'expulsion des fluides.

- Une étude complète de la matière organique a été réalisée sur la série mésozoïque. Il apparaît que la colonne sédimentaire se situe en zone immature, la fenêtre à huile n'étant approchée progressivement qu'à la base de la série. L'étude des composés organiques montre une forte altération, notamment des hydrocarbures saturés, qui révèle le lessivage de ces composés par des eaux, et éventuellement une bio-dégradation par des organismes.

Enfin, il faut rappeler que les conclusions « thermiques » tirées par A. Pagel *et al.* (ce volume) de l'étude des traces de fission sur les apatites des grès de base du Trias ou des gneiss mettent en évidence deux épisodes de réchauffement, au Jurassique moyen à supérieur (150 MA) et à l'Eocène (40 MA).

Validation des modèles géophysiques

Les méthodes géophysiques sont indispensables au stade du choix et de la préparation des sites des forages scientifiques, elles aident également la prévision des coupes de forage. Pendant ou après l'exécution des ouvrages la géophysique est utilisée pour tester *in situ* les propriétés pétrophysiques des terrains traversés et pour élargir aux trois dimensions les observations faites en forage, et préciser ou reformuler les modèles géologiques initiaux qui avaient motivé le forage.

Alors que les forages sont techniquement et économiquement limités en profondeur, les méthodes géophysiques n'ont pas cette contrainte et peuvent donner une extension considérable aux résultats obtenus par le seul forage.

Inversement des objets géophysiques mis en évidence, par exemple, par des cartographies de champs de potentiel, comme la gravimétrie ou le magnétisme, peuvent eux-mêmes constituer l'objectif de forages de reconnaissance, lorsque c'est le seul moyen de valider les hypothèses modélisées sur la cause géologique de ces anomalies.

L'objectif principal du forage de Couy était de ce dernier type : reconnaître la cause de la grande anomalie magnétique du bassin de Paris. Les modèles suivant lesquels le forage avait été dimensionné se sont révélés inadaptés, puisque la cible principale n'a pas été atteinte.

Les leçons à tirer des données du forage sont dans ce domaine nombreuses et enrichissantes, en particulier pour l'interprétation de la sismique réflexion dans les socles métamorphiques et pour la modélisation du champ magnétique terrestre en l'absence de contraintes suffisantes d'ordre géologique.

Interprétation des données sismiques dans des séries métamorphiques

Après exécution du forage, il était possible de disposer d'une collection importante de données sismiques, rarement disponibles simultanément sur le même site :

- profil de vibro-sismique de 16 km, sur le tracé duquel le forage a été placé ; réalisé pour le compte d'Esso-Rep par CGG en 1985, il était enregistré sur 5 sec. TD. Il a été traité en 1986 et, plus récemment, à partir des données des diagraphies du forage GPF ;
- profils sismiques verticaux avec ou sans offset, avec tirs en surface ou en profondeur ;
- profils de sismique réfraction directes et inversées, et de sismique oblique permettant d'avoir un ordre de grandeur des vitesses jusqu'à 10 km de profondeur ;
- diagraphies de densité, porosité et vitesses soniques, permettant de prévoir la réflectivité relative des formations traversées ;
- tomographie sismique entre les forages Couy 1 bis et Couy 1 a.

Les premières interprétations des diagraphies sismiques étaient en contradiction avec les informations

structurales fournies par les carottes du forage : la foliation métamorphique a un pendage subvertical de 80° à 85° E et une direction moyenne de N 20° E. Pour tenter d'expliquer les réflecteurs horizontaux donnés par la sismique du puits, il a été fait appel aux niveaux de brèches tardi-tectoniques qui recoupent la foliation normale et induisent généralement une baisse de la densité mesurée. Les pendages de ces niveaux bréchiques restent cependant de l'ordre de 45° et surtout leur faible puissance (le plus souvent quelques cm à 1 m) ne peut en faire des réflecteurs sismiques.

Il a donc été procédé à un réexamen critique de l'ensemble des diagraphies sismiques ; et un retraitement des PSV-PSO, a été effectué, permettant :

- 1) d'utiliser les données tridirectionnelles acquises ;
- 2) de séparer les ondes montantes et descendantes par un filtrage de vitesse ;
- 3) de réaliser une migration avec un modèle non tributaire de couches horizontales et de retraiter parallèlement la coupe sismique de surface suivant une procédure permettant la mise en évidence des pendages les plus élevés.

Ce retraitement est beaucoup plus satisfaisant ; il met en évidence les principaux réflecteurs correspondant à ceux du sismogramme synthétique calculé à partir des logs de vitesse et de densité dans le puits et aux principaux interfaces des différentes formations métamorphiques traversées, où le contraste d'impédance acoustique mesuré est important.

Le PSO avec déport à l'est montre de forts pendages vers l'est, conformes aux données géologiques du forage.

En dessous de la base du forage, les PSV montrent, à une profondeur moyenne, de l'ordre de 4 000 m, un ensemble de réflecteurs intéressants. Ce groupe de réflecteurs coïncide remarquablement avec le réfracteur à 7,4 km/s déterminé dans l'exploration initiale du site, et avec un niveau à fort magnétisme (≥ 1 A/m) précisé par la dernière modélisation magnétique 3D basée sur les acquis du forage (R. Bayer *et al.*, 1988).

De la même façon, il a été procédé à un retraitement des profils sismiques de surface Cher 33 et Cher 34 (B. de Voogd, A. Autran, C. Weber, ce volume), pour éviter les biais des traitements habituels qui font ressortir des alignements proches de la partie horizontale. Ce retraitement fait apparaître des structures assez continues dans le socle, inclinées vers l'ouest, situées à l'ouest du forage et scellées par le Trias. Elles s'enracinent en profondeur vers 7 à 8 km, dans la zone très réfléchissante bien identifiée dès le départ sur les deux profils. Les profils « nettoyés » par ce nouveau traitement montrent alors entre le toit du socle, vers - 1 000 m, et cette zone réfléchissante continue à 7-8 000 m, une série de réflecteurs plus ou moins horizontaux et courts, discontinus, dont certains ont été identifiés par le forage.

L'expérience acquise dans l'interprétation des données de sismique réflexion autour du forage de Sancerre-Couy montre l'inadéquation des traitements standards à un contexte de socle métamorphique. Par contre, des traitements spécifiques, pilotés par les données elles-mêmes et ne contraignant pas les résultats par un modèle fixé a priori, fournissent une approche de la réalité géologique satisfaisante. Dans ce même

contexte, l'interprétation des profils sismiques de surface reste difficile, même en tenant compte de l'apport considérable que représente un bon calage sur des mesures de diagraphie.

Il semble qu'une sélection méticuleuse des données obtenues par chaque point de tir (ou point vibré) soit un préalable indispensable pour réaliser une imagerie sismique cohérente, interprétable.

Validations des modèles gravimétriques et magnétiques

De l'analyse détaillée des différentes interprétations proposées depuis la découverte de l'AMBp en 1885, on peut retenir que, même avec la méthode de modélisation la plus sophistiquée (par exemple l'inversion stochastique en 3 dimensions), les techniques de champ de potentiel ne peuvent donner à elles seules une approximation suffisante sur la profondeur et la nature du corps géologique à l'origine de l'AMBp. C'est là, ne l'oublions pas, une limitation intrinsèque à cette approche. Avant le forage, les contraintes géologiques permettant d'étayer la modélisation étaient très faibles. C'est pourquoi les différentes hypothèses modélisées situaient le toit de l'AMBp entre 2,5 et 3,5 km de profondeur dans la région de Couy.

En fait il apparaît maintenant que l'on a affaire à la superposition très probable de deux types de sources magnétiques dans le sud de l'AMBp. L'une, plus superficielle, à l'origine des forts gradients rencontrés à la latitude de Sancerre, pourrait correspondre à des formations du type des leptyno-amphibolites à pyrrhotite recoupées par le forage (en remarquant cependant que la pyrrhotite n'est pas génétiquement liée à ces formations). L'autre source, à une profondeur de l'ordre de 7 à 8 km, correspondrait à l'anomalie magnétique plus large et serait la cause principale de l'AMBp. Elle conserve son énigme, même si les données du forage permettent de mieux comprendre le contexte géologique dans lequel elle se situe.

Nature du socle foré à Couy

L'ensemble des caractères lithologiques, structuraux, géochimiques, géochronologiques permettent de comparer les formations traversées par le sondage profond de Sancerre-Couy aux groupes leptyno-amphiboliques (G.L.A.) connus dans la chaîne varisque : mélange tectonique d'origine profonde, à métamorphisme relicte HP-HT, constitué d'une association essentiellement orthodérivée continentale et d'intrusions basiques d'origine océanique (s.l.). Ce type d'association souligne les grands chevauchements crustaux, initiés lors d'un stade de collision continentale, à partir de la zone de suture « océanique ».

En effet, ces groupes leptyno-amphiboliques sont aujourd'hui interprétés comme des reliques de croûte continentale amincie injectée de matériel mantellique (marge passive ou rift), impliquées dans un processus de subduction puis obductées et écaillées avec des lambeaux de lithosphère mantellique au cours de la collision continentale (C. Pin et D. Vielzeuf, 1988 ; J.-L. Bouchardon *et al.*, 1989 ; P. Ledru *et al.*, 1989).

Si cette comparaison semble la plus pertinente, les formations granulitiques de Sancerre-Couy recoupées sur 2 500 m de profondeur ne montrent ni boudins d'éclogites, ni écailles de serpentinites, habituels dans ces formations. On peut toutefois remarquer que, compte tenu du pendage, l'épaisseur observée ne dépasse pas 1 500 m et surtout que les données sismiques (PSV, profils de sismique réfraction) indiquent à 500 m sous le fond du forage un épais réflecteur à $V_p \approx 7,4$ km/s.

La chronologie de ces trois épisodes successifs (distension, subduction, collision) dont la trace a été mise en évidence à Sancerre-Couy, est assez cohérente et bien argumentée dans la chaîne varisque.

La distension : les nombreux orthogneiss granitiques, datés entre 540 et 470 Ma dans le Massif central et le sud du Massif armoricain constituent un ensemble composite ; les uns, en majeure partie les plus anciens, d'âge cambrien (540-500 Ma) semblent associés à l'évolution post-orogénique cadomienne comme ceux, du même âge, inclus dans le domaine cadomien nord armoricain (C. Guerrot et J.-J. Peucat, 1990) ; d'autres, probablement en majeure partie ordoviciens (500-470 Ma) marquent une phase de distension intra-continentale majeure, caractéristique de l'évolution varisque précoce (J. Ducrot *et al.*, 1979 ; D. Thiéblemont *et al.*, 1987). L'orthogneiss granitique de Sancerre-Couy daté par U/Pb à 495 Ma appartiendrait plutôt, d'après ses caractéristiques géochimiques, à la première génération.

La subduction : les reliques de faciès granulites ou éclogites HP/HT des groupes leptyno-amphiboliques témoignent d'un enfouissement en profondeur d'un segment de croûte dont les conditions ne peuvent être générées que par un épisode de subduction (C. Pin et D. Vielzeuf, 1988). Les datations isotopiques de ce métamorphisme, bien que difficilement interprétables même par la méthode U/Pb, convergent pour suggérer un âge silurien (440-400 Ma) pour cet épisode (C. Pin et J.-J. Peucat, 1986). Les âges plus récents obtenus par les méthodes Rb/Sr ou Ar/Ar sont généralement interprétés comme des âges de refroidissement ; c'est le cas des âges d'environ 380 Ma définis à Sancerre-Couy.

La collision : l'anatexie crustale, largement développée dans le Massif central et le sud du Massif armoricain, est considérée comme la conséquence d'un surépaississement continental, résultant d'un processus de collision. Cette anatexie et les granites associés s'échelonnent entre 400 et 350 Ma, témoignant du caractère progressif de la mise en place des nappes crustales dans le Massif central (P. Ledru *et al.*, 1989). Les âges de refroidissement à 380 Ma obtenus par Ar/Ar à Sancerre-Couy, datent la remontée rapide du bâti, d'âge intra-Dévonien. Elle est réalisée ici, comme dans le Limousin et la Marche, dès la fin de la collision initiale du Dévonien inférieur. Le métamorphisme de moyenne pression et haute température (MP-HT) à disthène, rétrograde par rapport au stade HP-HT initial lui est associé.

Le groupe leptyno-amphibolique (G.L.A.) de Sancerre-Couy constituerait donc un nouveau jalon de la chaîne varisque (J.-P. Burg *et al.*, 1988), trace d'une suture majeure de l'orogène ; il serait le témoin d'une phase d'océanisation (ou tout du moins de rifting avancé) entre le bloc cadomien nord armoricain et un bloc sud correspondant au soubassement du Massif

central ; dans une position semblable à la Nappe de Champtoceaux dans le sud du Massif armoricain. Il pourrait en représenter l'équivalent, oriental, les deux unités étant séparées et disjointes par le grand décrochement tardif (intracarbonifère) de Nort-sur-Erdre (fig. 2 et 3 du chap. introduction) qui constitue la limite méridionale du bloc Centre armoricain. Les relations connues entre le G.L.A. de Champtoceaux et la superstructure cadomienne et paléozoïque des Mauges, dans la Loire-Atlantique, pourront servir de modèle pour interpréter la structure cachée de la zone de Couy. La figure 1 donne la position de quelques éléments géologiques et géophysiques pertinents pour la discussion des interprétations de l'AMBp dans sa terminaison sud.

Hypothèses sur l'origine de l'AMBp

Il est clair que les termes lithologiques du groupe leptyno-amphibolique foré jusqu'à 3 500 m à Sancerre-Couy ne sont pas responsables de l'anomalie magnétique majeure, même si les formations sont relativement magnétiques dans leur partie profonde. C'est d'autant plus vrai que la cause du magnétisme du G.L.A. est uniquement la présence de pyrrhotite liée pour l'essentiel à une sulfuration hydrothermale, tardive dans l'évolution tectonométamorphique et sans relation évidente avec les protolites du G.L.A.

La question donc se pose des relations entre le G.L.A. et le corps responsable de l'AMBp, dont le toit se situe, d'après les modélisations géophysiques basées sur les réinterprétations utilisant les résultats du forage, vers 7 km de profondeur (avec un éventuel appendice détaché entre 4 et 5 km).

L'alternative est donc la suivante : soit il y a liaison génétique entre le G.L.A. et l'AMBp, les formations leptyno-amphiboliques étant enracinées dans le corps anomalique profond ; soit cette liaison n'existe pas, la juxtaposition des deux ensembles génétiquement indépendants étant d'origine tectonique.

Dans l'état actuel des investigations géologiques et géophysiques, il est impossible d'éliminer une de ces deux hypothèses qui, chacune, a des conséquences contraignantes sur l'origine de l'AMBp (A. Autran et J. Chantraine, 1988).

Dans l'hypothèse d'une liaison génétique, le corps profond de l'AMBp serait une lame tectonique de manteau lithosphérique soit d'origine sous-continentale liée à la croûte continentale amincie au cours de l'épisode de distension cambro-ordovicien, soit franchement océanique (ophiolite paléozoïque). Il correspondrait à l'enracinement en profondeur des unités basiques traversées par le sondage qui seraient les copeaux écailés et dilacérés dans la croûte en cours du processus de la collision continentale d'âge intra-dévonien puis de leur verticalisation le long du décrochement nord-sud de la Loire, au Carbonifère. La nappe de Champtoceaux pourrait dans ce cas être un bon analogue, mais l'ampleur de l'anomalie imposerait dans le cas de l'AMBp l'existence d'une lame d'épaisseur pluri-kilométrique probablement mantellique ou de croûte continentale profonde affectée d'un « underplating » basique (G. Dubuisson, 1993).

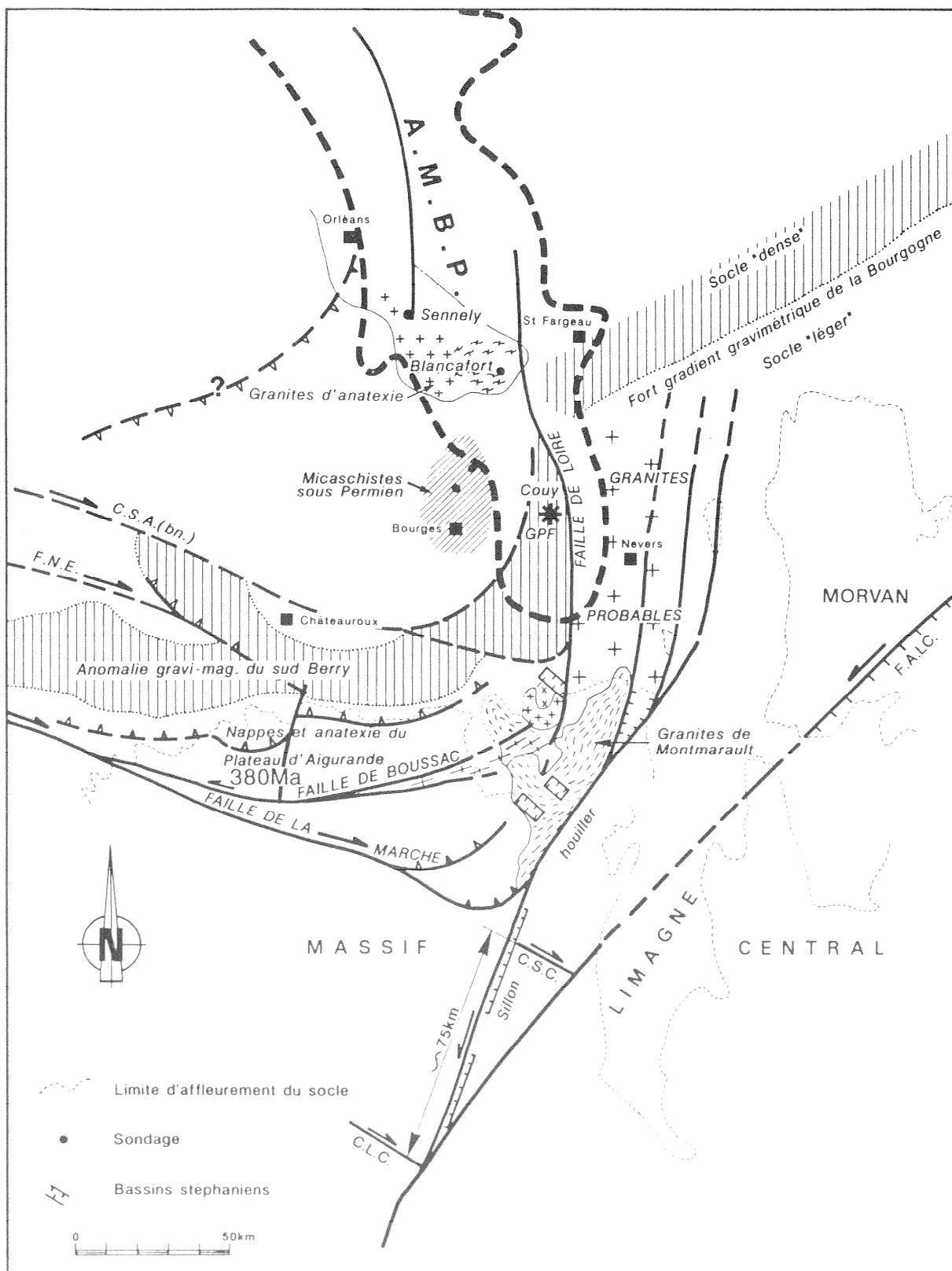


Fig. 1. - Localisation des unités géologiques et géophysiques, structures et sondages ayant atteint le socle, dans l'environnement du sondage GPF de Couy.

- AMBP : anomalie magnétique du bassin de Paris. (Isanomale 0)
 (hachures) anomalie gravimétrique et magnétique du Sud-Berry et gradient gravimétrique intense de la Bourgogne, Saint-Fargeau-Auxerre.
 verticales)
 C.S.A. (bn) : Cisaillement Sud armoricain, branche nord.
 F.N.E. : Cisaillement Sud armoricain : faille de Nort-sur-Erdre.
 F.A.L.C. : Cisaillement d'Aigueperse-Le Creusot.
 C.L.C. : Cisaillement ante Viséen Supérieur de la Courtine
 C.S.C. : Cisaillement de Sainte-Christine, marqueur d'un décrochement senestre d'environ 75 km, le long du cisaillement du Sillon houiller.

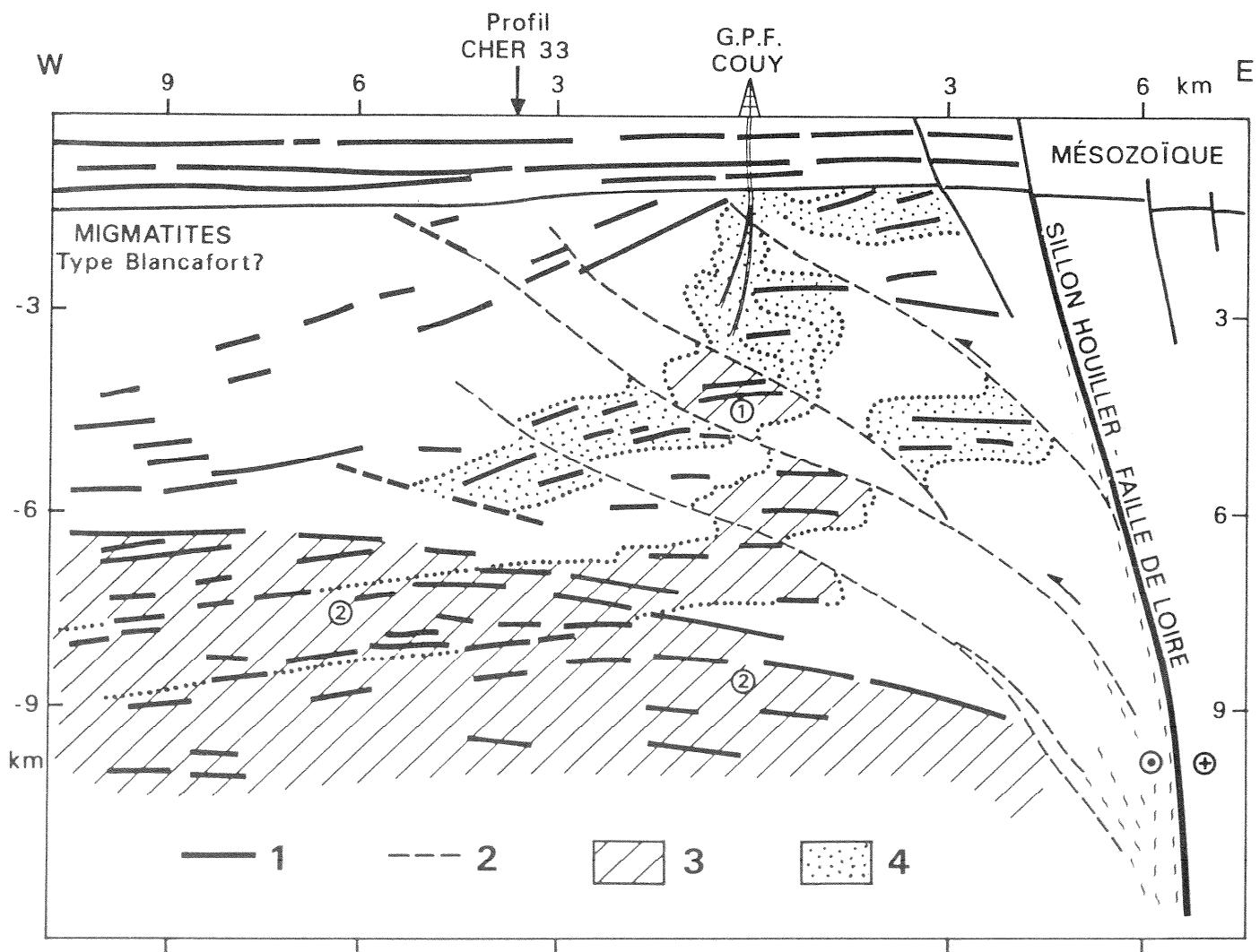


Fig. 2. - Position du sondage GPF de Couy sur une interprétation du profil sismique CHER 34 d'ESSO (A. Autran).

1. Réflecteurs.

2. Cisaillements ductiles/cassants carbonifères.

3. « Corps magnétique à $V_p \sim 7.4$ km/s ».

4. Formations basiques du groupe leptyno-amphibolique.

La migration en profondeur du profil CHER 34 a été réalisée par B. de Voogd après sélection des réflecteurs suivant la procédure explicitée figure 12, page 101.

On a considéré sur l'interprétation géologique que les tronçons de réflecteurs peu inclinés sont réels et correspondent à des portions subhorizontales du complexe leptyno-amphibolite (4) décalées par les cisaillements (2) à vergence NW observés dans le forage. Les portions redressées de ce même complexe lors de cet écaillage médiocarbonifère à l'ouest du prolongement nord du Sillon houiller occupent *pro parte* les espaces sans réflexion.

Le corps à l'origine de l'AMBp est représenté en hachures obliques (3). Il coïnciderait avec la zone à forte réflectivité située à plus de 6.5 km de profondeur et dont les vitesses mesurées par réfraction sont de l'ordre de 7.2 km/s au point ① et de 7.4 km/s en ②.

La zone non réfléchissante située sous la couverture, 6 km à l'ouest du forage, pourrait être formée de migmatites analogues à celles trouvées par les sondages de Blancafort et de Sennely (cf. fig. 1).

Cette hypothèse permet de rendre compte de l'ensemble des données acquises par le sondage et s'accorde bien au fait que l'AMBp se situe à la limite de deux blocs de structures différentes.

Les contraintes structurales et sismiques ont amené A. Autran et B. de Voogd (B. de Voogd *et al.*, 1992) à proposer le schéma ci-joint (fig. 2). Il est basé sur les réflecteurs modérément inclinés vers l'ouest, supposés représentatifs de la structure de collision initiale et sur le rétro-charriage intra-carbonifère au stade ductile cassant observé dans le forage et responsable de la verticalisation locale et de la réflectivité discontinue du G.L.A.

L'hypothèse de l'indépendance de l'AMBp et du G.L.A. est aujourd'hui argumentée par les récentes analyses spectrales de l'anomalie magnétique réalisées par P. Mouge et par N. Debégia (cf. figures 18 a et 18 b du chapitre « interprétations et modélisations magnétiques »), cette analyse tend à montrer que l'anomalie résulterait, au niveau de Sancerre-Couy, de deux sources magnétiques superposées, l'une correspondant en profondeur à l'AMBp en constituerait la terminaison sud ; l'autre plus superficielle pouvant être générée par le G.L.A., se reliera aux anomalies de moindre intensité de Saint-Fargeau-Auxerre vers le nord-est et du sud Berry vers l'ouest, elle-même prolongée jusqu'au G.L.A. de Champtoceaux.

Cette indépendance très probable des causes lithologiques et des porteurs des magnétismes mesurés est d'ailleurs compatible avec la première hypothèse envisagée ci-dessus.

Si nous envisageons l'indépendance génétique des corps géologiques AMBP et G.L.A., les différentes possibilités envisagées avant et après la réalisation du sondage demeurent (A. Autran *et al.*, 1986 ; A. Autran et J. Chantraine, 1988). Cependant les données acquises grâce au sondage, sur les conditions thermiques de la diagenèse du Trias et du Lias et sur l'évolution thermique du socle lui-même au Mésozoïque, excluent toute mise en place associée à la genèse du bassin de Paris, c'est-à-dire d'âge post-carbonifère.

La mise en place du corps à l'origine de l'anomalie magnétique pourrait être dévono-carbonifère, hypothèse privilégiée avant la réalisation du sondage à partir des contraintes géophysiques et géodynamiques régionales ; elle serait contemporaine du fonctionnement des grands décrochements dextres de type sud armoricain et le corps de l'AMBp l'équivalent, en bor-

dure amincie orientale du bloc cadomien, du champ filonien de dolérites tholéïtiques du domaine mancelien, daté vers 360-330 Ma.

Elle pourrait aussi avoir un âge plus tardif, stéphanien, hypothèse argumentée par la présence du volcanisme stéphanien à la base de la couverture sédimentaire et par l'abondance des lamprophyres du même âge en profondeur ; le corps de l'AMBp pourrait alors être à l'origine de l'hydrothermalisme et des minéralisations reconnues dans le sondage de Sancerre-Couy.

Les quelques éléments apportés par l'étude des carottes sur les conditions chimiques et physiques (T, P, fO₂, fCO₂...) de cet hydrothermalisme et sur son âge très probablement anté-stéphanien (cf. chap. hydrothermalisme) rend cette hypothèse peu probable. Seul le dernier événement hydrothermal, matérialisé par les nombreuses failles avec brèches cimentées par des carbonates, pourrait, par ses caractéristiques thermiques et l'origine « métamorphique » du fluide (cf. M. Pagel *et al.*, ce volume), être associé à l'épisode magmatique et tectonique du Stéphanien.

Références

- AUTRAN A., CASTAING C., DEBÉGLIA N., GUILLEN A., WEBER C. (1986). - Nouvelles contraintes géophysiques et géodynamiques pour l'interprétation de l'anomalie magnétique du bassin de Paris. *Bull. Soc. géol. Fr.* (8), **2**, pp. 125-141.
- AUTRAN A., CHANTRAIN J. (1988). - L'anomalie du bassin de Paris et le sondage de Sancerre-Couy. Discussion de quelques hypothèses possibles pour la nature du corps magnétique. In : Forage scientifique de Sancerre-Couy (Cher). Socle : données préliminaires. Documents du BRGM, n° 137, pp. 253-270.
- BAYER R., GUILLEN A., ROUSSET D. (1988). - Réactualisation de l'interprétation de l'AMBp sur la région de Couy-Sancerre. Documents du BRGM, n° 138, pp. 167-178.
- BOUCHARDON J.L., SANTALLIER D., BRIAND B., MENOT R.P., PIBOULE M. (1989). - Eclogites in the French Palaeozoic Orogen: geo-dynamical significance. *Tectonophysics*, **169**, pp. 317-332.
- BURG J.P., CASTAING C., CHANTRAIN J., HOTTIN A.M., KIENAST J.R., MÉGNIEN C., TURLAND M., VEZAT R., WEBER C. (1989). - Les formations métamorphiques traversées par le sondage de Sancerre-Couy (programme GPF). Nouveau jalon de la chaîne varisque. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, (2), **307**, pp. 1819-1824.
- DE VOOGD B., AUTRAN A., WEBER C. (1992). - New insights on the origin of the Paris basin magnetic high from reprocessing of seismic reflection profiles near the Couy deep borehole. VIth International symposium on the observation of the continental crust through drilling. Abstracts. Documents du BRGM, n° 213, p. 75.
- DUBUSSON G. (1993). - High temperature magnetization of the pyrrhotite-bearing rocks from the GPF Couy borehole and relations with the magnetic high from the Paris basin. A possible source for the anomaly. Scientific drilling (sous presse).
- DUCROT J., LANCELOT J.R., REILLE J.L. (1979). - Datation en Montagne Noire d'un témoin d'une phase majeure d'amincissement crustal caractéristique de l'Europe prévarisque. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), **21**, 4, pp. 501-505.
- GUERROT C., PEUCAT J.J. (1990). - U-Pb geochronology of the Upper Proterozoic Cadomian orogeny in the northern Armorican Massif, France. In: The Cadomian Orogeny, R.S. D'Lemos, R.A. Strachan and C.G. Topley eds; Geol. Soc. Spec. Publ. n° 51, pp. 13-26.
- LEDRU P., LARDEAUX J.M., SANTALLIER D., QUENARDEL J.M., PLOQUIN A., MARCHAND J., MAILLET N., LEROUGE G., FLOC'H J.P., AUTRAN A. (1989). - Où sont les nappes dans le Massif central français ? *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), **5**, pp. 605-618.
- MOUGE P., AUTRAN A., GALDEANO A. (1991). - The Paris basin magnetic anomaly from the variscan belt to the Couy borehole. Document GPF inédit (documentation interne GPF-AMBp, n° 98, à paraître in « Scientific drilling »).
- 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.
- PIN C., PEUCAT J.J. (1986). - Age des épisodes métamorphiques paléozoïques dans le Massif central et le Massif armoricain. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), **2**, 3, pp. 461-471.
- PIN C., VIELZUEF D. (1988). - Les granulites de haute pression d'Europe moyenne témoins d'une subduction éo-hercynienne. Implications sur l'origine des groupes leptyno-amphiboliques. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), **4**, 1, pp. 13-20.
- THIEBLEMONT D., CABANIS B., LE METOUR J. (1987). - Etude géochimique d'un magmatisme de distension intracontinentale : la série bimodale ordovicienne du Choletais (Massif vendéen). *Géologie de la France*, n° 1, pp. 65-76.