

Résultats préliminaires de la campagne océanographique de sismique réflexion multitraces MD47 dans le domaine sud du plateau de Kerguelen

Roland SCHLICH, Marc MUNSCHY, Daniel BOULANGER, Bernard CANTIN, Millard COFFIN, Jacques DURAND, Eric HUMLER, Zhi Gang LI, Jean SAVARY, Marc SCHAMING et Jean-Daniel TISSOT

Résumé – Les profils sismique réflexion multitraces recueillis par le *N. O. Marion-Dufresne* au cours de la campagne MD47 (1986) permettent d'esquisser l'évolution du domaine sud du plateau de Kerguelen (océan Indien austral). Le bassin de Raggatt, situé dans la partie centrale du plateau, est caractérisé par un remplissage sédimentaire épais de plus de 3 km, constitué par deux mégaséquences. La mégaséquence inférieure, sans doute très épaisse au centre du bassin, apparaît relativement uniforme. Son toit a subi une érosion très intense dans la moitié sud du bassin, ce qui se traduit par une discordance majeure. La mégaséquence supérieure a une épaisseur moyenne de 1,5 km; elle a été déformée par un épisode de tectonique extensive qui pourrait traduire la séparation entre le plateau de Kerguelen et Broken Ridge.

Preliminary results of multichannel seismic cruise MD47 on the Southern Kerguelen Plateau

Abstract – The structure and evolution of the Southern Kerguelen Plateau, located in the Southern Indian Ocean, are determined from high-quality multichannel seismic reflection data collected during the Marion-Dufresne cruise MD47 (January-February 1986). The sedimentary sequences over the Raggatt Basin, a major feature of the central part of the Southern Kerguelen Plateau, are more than 3 km thick and are divided into two megasequences. The lower megasequence appears very thick in the central part of the basin and thins towards the SE due to erosion at its top. The upper megasequence is about 1.5 km thick. A discordance at the lower part of the megasequence marks an episode of tectonic extension, characterized by normal faulting, which probably corresponds to the breakup between the Kerguelen Plateau and Broken Ridge.

Abridged English Version – The Kerguelen Plateau, located in the South-Central Indian Ocean, extends over 2,000 km between 46°S and 64°S in a NW-SE direction towards the Antarctic continental shelf (*Fig.*). The plateau has been divided into two distinct domains ([1], [2]): the Kerguelen-Heard Plateau between 46°S and 54°S and the Southern Kerguelen Plateau between 57°S and 64°S. The structure and evolution of the Kerguelen-Heard Plateau have been determined from stratigraphic interpretation of multichannel seismic profiles ([3] to [7]). The Kerguelen-Heard Plateau was created between 130 and 100 M.a. at or near an active spreading center. From the early Late Cretaceous (about 100 M.a.) to the Eocene (45/42 M.a.) the plateau was a shallow marine structure, continuously subsiding. At 45/42 M.a. the Kerguelen-Heard Plateau and Broken Ridge were clearly separated by sea-floor spreading at the Southeast Indian Ridge. From 45/42 M.a. to the Miocene a major gap of sedimentation occurred and later the plateau was covered by pelagic sediments interbedded with thick clastic sedimentary layers.

The 1986 *R/V Marion-Dufresne* cruise MD47 surveyed the entire Southern Kerguelen Plateau and provided 4,500 km of 24-channel seismic reflection profiles (*Fig.*). Compared to the Kerguelen-Heard Plateau, the Southern Kerguelen Plateau lies at a greater depth (between 1,500 and 2,000 m) and shows much more subdued topography. The Raggatt Basin, in the central part of the Southern Kerguelen Plateau, stretches between the deep

Note présentée par Georges MILLOT.

Labuan Basin to the East and the Banzare Bank to the West. The sedimentary section exceeds 3 km in thickness and diminishes to less than 500 m towards the edges of the basin. Profile MD47-05, located in the deepest part of the Raggatt Basin in a NW-SE direction (*Fig.*), was analyzed following the seismic stratigraphic method [8]; acoustic basement and two megasequences were identified along this line.

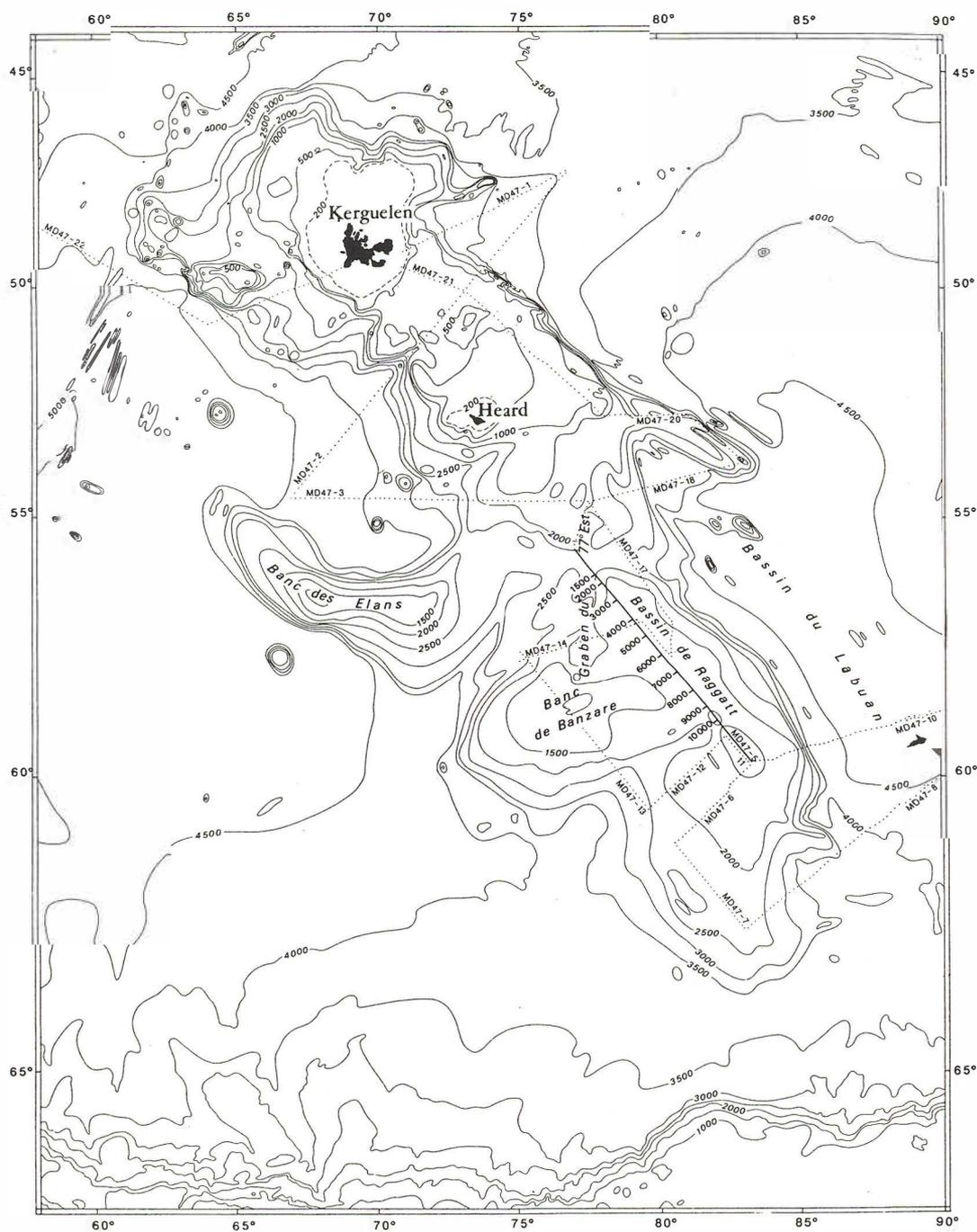
The top of the acoustic basement is clearly identified to the NW (shot points 1,400 to 2,900, *Pl. I*) and to the SE (shot points 9,100 to 10,300, *Pl. II*) where it seems to correspond to an erosional surface. The acoustic basement probably corresponds to volcanic material to the NW ([9], [10]); to the SE, identification is not obvious.

A major angular unconformity in the southern part of the basin (*D1, Pl. II*) divides the sedimentary section into two megasequences and represents a major erosional event. The lower megasequence is at least 3 km thick in the central part of the Raggatt Basin, thins to the SE by onlapping, and disappears at shot point 9,300; its top is eroded to the SE (*Pl. II*). The upper megasequence is found over the entire basin and is composed of six sequences numbered from 1 to 6 (*Pl. I et II*). The unconformity between sequences 6 and 5 corresponds to a normal faulting episode (shot points 4,000 to 4,500). Sequences 6 and 5 are composed of mounds close to the normal faults. Sequence 3 onlaps the reliefs of sequence 4. Sequences 2 and 1, only visible in the central part of the basin, disappear by toplaps toward the edges of the basin.

The evolution of the Southern Kerguelen Plateau can be divided into three phases: (1) the basement was covered by the lower megasequence, at least 3 km thick; (2) the southern part was uplifted, eroded, and the basement outcrops at several localities; (3) the upper megasequence covers the whole basin and is affected by normal faulting (unconformity between sequences 6 and 5). This tectonic event could be related to the breakup between the Kerguelen Plateau and Broken Ridge.

INTRODUCTION. — Le plateau de Kerguelen, situé dans l'océan Indien austral, s'étend sur plus de 2000 km de 46°S à 64°S (*fig.*). Il se divise essentiellement en deux domaines morphologiquement distincts ([1], [2]) : le domaine nord, ou plateau de Kerguelen-Heard, entre 46°S et 54°S et le domaine sud entre 57°S et 64°S. La zone de transition entre 54°S et 57°S correspond à une topographie complexe, marquée par la présence d'un éperon, le banc des Elans, qui s'étend sur près de 600 km vers l'Ouest. Le flanc est du plateau de Kerguelen est abrupt et linéaire; le flanc ouest est plus complexe, mais correspond généralement à une pente douce surtout dans le domaine sud.

Les données de sismique réflexion multitraces, recueillies entre 1970 et 1981 ([3] à [5]) sur le plateau de Kerguelen-Heard, ont permis de mettre en évidence plusieurs bassins sédimentaires profonds, séparés par des remontées de socle, et d'étudier de façon détaillée l'un de ces bassins, situé au SE de l'île de Kerguelen. L'interprétation des données géophysiques [6] et géologiques [7] obtenues en 1981 conduit à admettre une structure océanique pour le plateau de Kerguelen-Heard : Le plateau a été créé au Crétacé il y a environ 100 M.a., en limite de plaque, lors d'une intense activité volcanique. Après une période de subsidence continue et une érection du flanc est à l'Eocène, la séparation du plateau de Kerguelen-Heard et de Broken Ridge est effective et se poursuit à partir de l'époque de l'anomalie magnétique 18 (45/42 M.a.) par expansion océanique à l'axe de la dorsale est-indienne. Ces résultats ont été utilisés pour localiser les forages du programme ODP sur le plateau de Kerguelen-Heard.



Carte bathymétrique du plateau de Kerguelen et localisation des profils de sismique réflexion multitraces (campagne *Marion-Dufresne* 47).

Bathymetric chart of the Kerguelen Plateau and tracks of Marion-Dufresne cruise 47.

PREMIERS RÉSULTATS. — La campagne *Marion-Dufresne* 47 ⁽¹⁾ a débuté le 2 janvier 1986 au départ de l'île de la Réunion et s'est achevée le 16 février 1986. Les travaux effectués sur le plateau de Kerguelen comportent 7900 km de profils (bathymétrie,

gravimétrie et magnétisme), dont 4 500 km (86 100 tirs) de sismique réflexion multitraces (source Flexichoc, dispositif 24 traces de 2 400 m), 1 430 km (29 200 tirs) de sismique réflexion montrace et quatre profils de sismique réfraction réalisés à l'aide de bouées perdues (*fig.*).

Le domaine sud du plateau de Kerguelen se situe à une profondeur moyenne de 1 500 à 2 000 m. La partie centrale est caractérisée par une épaisse série sédimentaire dont la puissance dépasse 3 km (bassin de Raggatt). Ce bassin est limité à l'Ouest par une remontée progressive du socle jusqu'à l'affleurement (banc de Banzare). Vers le Sud, le remplissage sédimentaire diminue progressivement; le bassin vient buter sur un accident majeur du socle situé à environ 59°S, dont la direction reste à définir. Au-delà de cette limite, la couverture sédimentaire est relativement monotone et garde une épaisseur à peu près constante de 500 à 1 000 m. Vers l'Est, la série sédimentaire diminue d'épaisseur le long d'une remontée progressive du socle, interrompue brutalement par un accident majeur formant la bordure orientale abrupte et linéaire du plateau. Au-delà de cette bordure, le bassin de Labuan semble correspondre à un domaine effondré du plateau. Vers le Nord, le bassin de Raggatt se termine le long du graben du 77°Est [2] de direction NS.

STRATIGRAPHIE SISMIQUE DU REMPLISSAGE SÉDIMENTAIRE DU BASSIN DE RAGGATT. — Le traitement des données sismiques a consisté, après égalisation des amplitudes puis corrections d'obliquité, à faire la sommation en couverture multiple d'ordre 24. Un filtrage en fréquence a ensuite été appliqué aux traces somme.

Une analyse en termes de stratigraphie [8] du remplissage sédimentaire du bassin de Raggatt a été effectuée à partir du profil MD47-05 (*fig.*): le socle acoustique et deux mégaséquences sédimentaires ont été reconnues.

Le socle acoustique est bien visible au NW (points de tir 1 400 à 2 900, *pl. I*) et au SE (points de tir 9 100 à 10 300, *pl. II*). Au NW, il affleure à proximité du graben du 77°Est, puis disparaît vers le SE sous une série sédimentaire de plus en plus épaisse. Le toit du socle acoustique ne correspond pas à un réflecteur très marqué, mais semble cependant pouvoir être associé à une surface d'érosion. Au SE, le socle acoustique remonte continûment à partir du point de tir 9 100, affleure à partir du point de tir 10 100 et s'approfondit brutalement au niveau d'une faille normale (point de tir 10 260). Le socle acoustique au NW semble correspondre au socle basaltique ([9], [10]). Le socle acoustique au SE pourrait être de nature différente; les forages profonds ODP devront préciser ce point.

Une importante discordance angulaire dans la moitié sud du bassin (D1, *pl. II*), se prolongeant en concordance dans la moitié nord (*pl. I*), sépare le remplissage sédimentaire en deux mégaséquences distinctes. Ce réflecteur représente une surface d'érosion intense du toit de la mégaséquence inférieure.

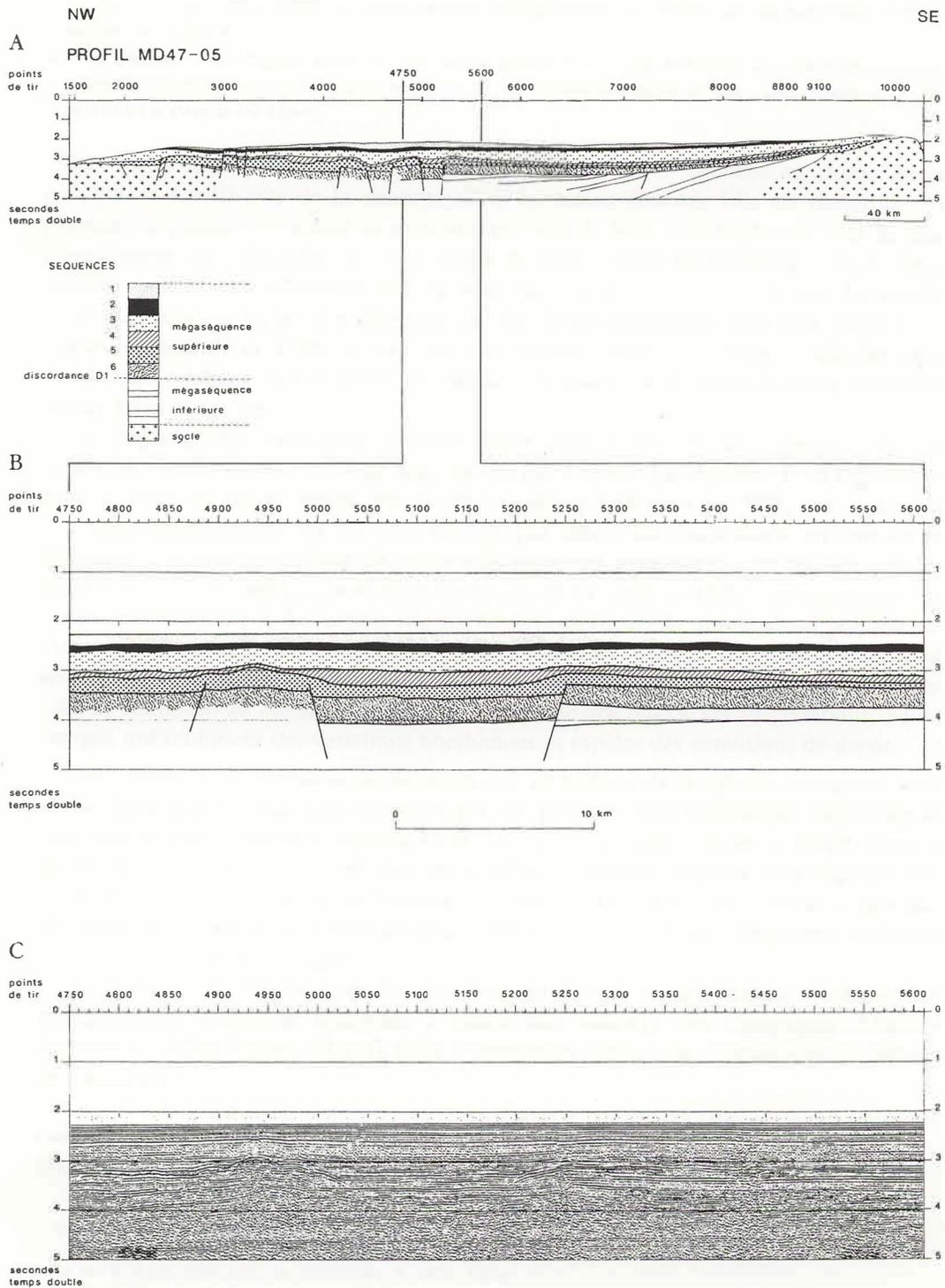
EXPLICATIONS DES PLANCHES

Planche I.

Structure (NW-SE) du bassin de Raggatt : A, profil MD47-05 interprété; B, extrait interprété du profil MD47-05 (points de tir 4 750 à 5 610); C, coupe sismique correspondante. La localisation du profil MD47-05 est donnée sur la figure.

NW-SE structure of the Raggatt Basin: A, cross section derived from profile MD47-05; B, seismic interpretation of profile MD47-05 (shot points 4,750 to 5,610); C, corresponding seismic section. The location of profile MD47-05 is given in the Figure.

BASSIN DE RAGGATT



BASSIN DE RAGGATT

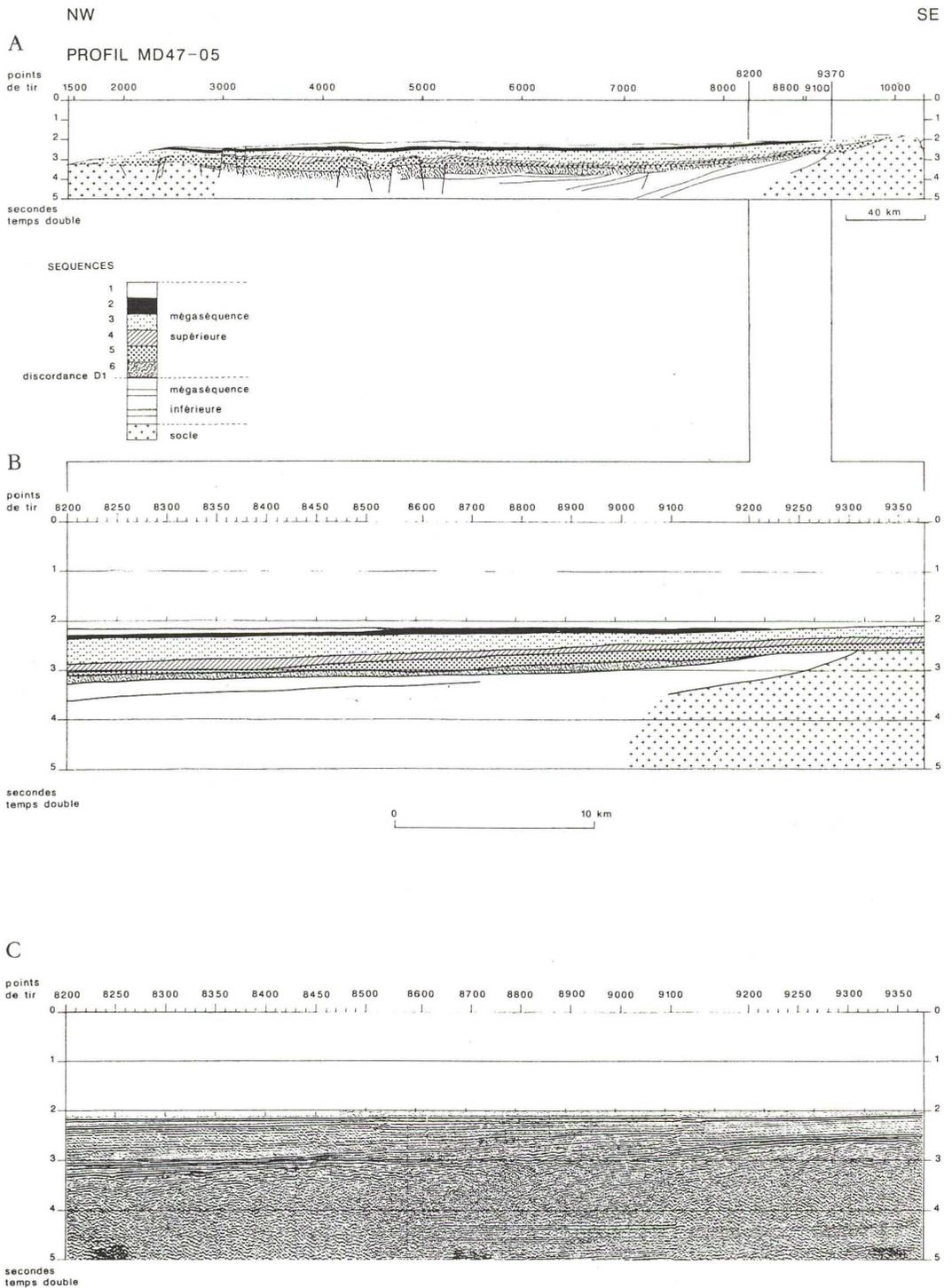


Planche II.

Structure (NW-SE) du bassin de Raggatt : A, profil MD47-05 interprété; B, extrait interprété du profil MD47-05 (points de tir 8 200 à 9 380); C, coupe sismique correspondante. La localisation du profil MD 47-05 est donnée sur la figure.

NW-SE structure of the Raggatt Basin: A, cross section derived from profile MD 47-05; B, seismic interpretation of profile MD 47-05 (shot points 8,200 to 9,380); C, corresponding seismic section. The location of profile MD 47-05 is given in the Figure.

La mégaséquence inférieure n'a pu être étudiée de façon détaillée en raison de la pénétration insuffisante de la sismique (2 à 3 s temps double). Elle est constituée de plusieurs séquences plongeant et s'épaississant vers le NW. Les séquences sont le plus généralement individualisées par la présence de terminaisons de réflecteurs vers l'amont pendage (*onlap*). Les réflecteurs internes sont très continus et caractérisés par des amplitudes moyennes à fortes. En direction du SE, la mégaséquence inférieure disparaît à partir du point de tir 9 300. Si les réflecteurs individualisés se prolongent effectivement de manière continue vers le centre du bassin, l'épaisseur de la mégaséquence inférieure atteint au moins 3 km.

La mégaséquence supérieure, présente dans tout le bassin, est constituée de six séquences numérotées de 1 à 6 de haut en bas (*pl. I et II*). La séquence 6 est en contact avec le socle au SE et repose sur la mégaséquence inférieure au NW; son épaisseur augmente régulièrement du SE vers le NW par *onlap*. La discordance au toit de la séquence 6 marque une phase de tectonique extensive importante, caractérisée par les failles normales qui apparaissent entre les points de tir 4 000 et 4 500. Les séquences 5 et 4 sont représentées par des dépôts très particuliers en forme de monticules à la limite de blocs relevés par des failles normales. Les dépôts de la séquence 3 combrent par *onlap* les reliefs existants. Les séquences 2 et 1 disparaissent par érosion ou non dépôt à leur toit sur les bords du bassin; la séquence 1 comporte des réflecteurs très continus, haute énergie, qui traduisent des variations nombreuses et rapides des conditions de dépôt.

CONCLUSION. — L'évolution du domaine sud du plateau de Kerguelen comporte trois phases distinctes. Le socle a été recouvert par une première série sédimentaire relativement uniforme et dont l'épaisseur dépasse 3 km. La partie sud a été relevée et érodée jusqu'à mettre le socle à l'affleurement. Sur cette surface d'érosion majeure s'est déposée une nouvelle série sédimentaire dont l'épaisseur atteint 1,5 km; cette série a été déformée par une phase de tectonique extensive qui pourrait traduire l'épisode de rifting entre le plateau de Kerguelen et Broken Ridge.

Les forages ODP fourniront des observations *in situ* et permettront, associés aux interprétations sismiques élaborées à partir des données des campagnes *Marion-Dufresne 47* et *Rig-Seismic 02* ([11], [12]), d'étendre les conclusions à l'ensemble du plateau de Kerguelen.

(¹) Le *N. O. Marion-Dufresne* a été mis à notre disposition par le Territoire des Terres australes et antartiques françaises.

Note reçue le 14 décembre 1987, acceptée le 15 janvier 1988.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] R. SCHLICH, *Soc. géol. Fr. Mém. Sér.*, 6, 1975, 103 p.
- [2] R. E. HOUTZ, D. E. HAYES et R. G. MARKL, *Marine Geol.*, 25, 1977, p. 95-130.
- [3] R. SCHLICH, J. R. DELTEIL, J. MOULIN, P. PATRIAT et R. GUILLAUME, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 272, série D, 1971, p. 2060-2063.

- [4] J. GOSLIN, *Thèse*, Univ. L.-Pasteur, Strasbourg-I, 1981, 267 p.
- [5] M. GUGLIELMI, *Dipl. Ing.*, Univ. L.-Pasteur, Strasbourg-I, 1982, 261 p.
- [6] M. MUNSCHY et R. SCHLICH, *Marine Geol.*, 76, 1987, p. 131-152.
- [7] E. WICQUART et F. FROHLICH, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (8), II, 4, 1986, p. 569-574.
- [8] P. R. VAIL, R. M. MITCHUM, R. G. TODD, J. M. WIDMIER, S. THOMSON, J. B. SANGREE, J. N. BUBB et W. G. HATLEDID, *Mem. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 26, 1977, p. 49-212.
- [9] R. LECLAIRE, M. DENIS-CLOCCHIATTI, H. DAVIES, I. GAUTIER, B. GENSOUS, P. J. GIANNESINI, F. MORAND, P. PATRIAT, J. SEGOUFIN, M. TESSON et J. WANNESON, *C. R. Acad. Sci. Paris*, 304, série II, 1987, p. 23-28.
- [10] R. LECLAIRE, Y. BASSIAS, M. DENIS-CLOCCHIATTI, H. DAVIES, I. GAUTIER, B. GENSOUS, P. J. GIANNESINI, P. PATRIAT, J. SEGOUFIN, M. TESSON et J. WANNESON, *Geo. Marine Lett.*, 7, 1987 (sous presse).
- [11] D. C. RAMSAY, J. B. COLWELL, M. F. COFFIN, H. L. DAVIES, P. J. HILL, C. J. PIGRAM et H. M. J. STAGG, *Geology*, 14, p. 589-593.
- [12] M. F. COFFIN, H. L. DAVIES et W. F. HAXBY, *Nature*, 324, p. 134-136.

R. S., M. M., D. B., B. C., J. D., Z. G. L., M. S. et J.-D. T. :
Institut de Physique du Globe, Laboratoire de Géophysique marine (C.N.R.S. U.A. 323),
5, rue René-Descartes, 67084 Strasbourg Cedex;

M. C. : *Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics,*
Division of Marine Geosciences, G.P.O. Box 378, Canberra, ACT 2601, Australia;

E. H. : *Institut de Physique du Globe, Laboratoire de Géochimie (C.N.R.S. U.A. 323),*
5, rue René-Descartes, 67084 Strasbourg Cedex;

J. S. : *Institut National des Sciences de l'Univers, 4, avenue de Neptune, 94100 Saint-Maur.*