

CAMPAGNE TRANSMEROU :
ETUDE D'UN STADE INITIAL D'OUVERTURE AU NORD DE LA MER ROUGE

G.Pautot*, A.Coutelle+, P.Guennoc°, N.Lyb  ris++,
 G. Auclair+, F. Berthelot++, N. Dufrien+ et O. Parize  

- (*) Ifremer Brest, DERO/GM, B.P. 70, 29263 Plouzané cédex
- (+) Université de Bretagne Occidentale, GIS Océanologie et Géodynamique, Avenue Le Gorgeu, 29283 Brest cédex
- (  ) Antenne BRGM, Ifremer Brest, B.P. 70, 29263 Plouzané
- (++) UPMC, Laboratoire de G  otectonique, 4, place Jussieu, 75252 Paris cédex 05
- (  ) Ecole des Mines, Sédimentologie, 35, rue Saint-Honoré, 75305 Fontainebleau cédex

I. INTRODUCTION

La campagne Transm  rou fut la première du Tour du Monde du N.O. Jean Charcot après le transit entre Toulon et Port-Saïd. Elle se déroula du 28 novembre au 8 décembre 1983, soit une durée de 10 jours.

La zone retenue fut le segment septentrional de la mer Rouge. Les participants sont cités dans la liste des auteurs et appartiennent à 5 laboratoires français. Cette campagne a succédé à un transit réalisé par le N.O. Charcot en 1979 et qui a permis de cartographier avec le Seabeam plusieurs fosses à saumures (1). L'objectif de la campagne Transm  rou était d'analyser la structure de la vallée axiale de la mer Rouge dans sa portion septentrionale et ses relations avec le golfe de Suez et le golfe d'Aqaba (Eilat). Pour ce faire, ont été utilisés simultanément : le sondeur multifaisceaux Seabeam, la sismique continue, le magnétomètre, le gravimètre. Des prélèvements de sédiment, de roche et de saumure ont été effectués dans une fosse découverte au cours de la campagne.

II. OBJECTIFS ET METHODES

La mer Rouge est généralement citée comme le meilleur exemple d'un jeune océan qui évolue d'un rift intra-continental à un rift

de type océanique. C'est une région-clé pour étudier l'effet de la distension sur la lithosphère continentale. L'une des caractéristiques principales de l'évolution du rift océanique de la portion méridionale de la mer Rouge est sa progression du Sud (d  puis une région située vers 19  N) vers le Nord par une série de fosses remplies de saumures.

L'extension à l'extrémité nord se décompose en une faible ouverture dans le golfe de Suez et un important mouvement de coulissage le long de la frontière golfe d'Aqaba - mer Morte (2). La raison de cette progression et du taux d'ouverture décroissant vers le Nord est la distance moindre par rapport au pôle de rotation des plaques (3). La progression de l'ouverture océanique paraît s'effectuer par des "cellules d'océanisation" (4).

Le segment septentrional de la mer Rouge est dépourvu de fosses à saumures et lacouverture évaporitique Mio-Pliocène semble continue de la rive égyptienne à la rive d'Arabie. La zone axiale de ce segment est profonde d'environ 1300 mètres et elle est caractérisée par l'existence d'anomalies magnétiques dipolaires (5) indiquant la présence d'intrusions localisées. Selon Cochran (6), le socle de cette zone axiale serait de nature intermédiaire et la région nord

mer Rouge serait au tout dernier stade d'étirement crustal avant la mise en place de croûte océanique. En revanche, Izzeldin (7) considère que la croûte de la zone axiale est océanique mais de nature diffuse, c'est-à-dire formée à un taux d'expansion très faible sous les évaporites miocènes.

Cette région nord mer Rouge a donc été retenue pour l'étude d'un stade initial d'ouverture. Le Seabeam devrait permettre, conjointement avec la sismique, de déterminer l'effet sub-superficiel des contraintes d'extension.

Au cours de la campagne Transmérrou, 3800 km de levés ont été effectués dans la zone axiale entre 25°N et 28°N. 30 profils exploratoires ont permis de déterminer les grands traits structuraux de la dépression axiale. Trois zones particulières ont été levées avec un maillage plus serré : la fosse Mabahiss située à la fois à la limite méridionale du segment nord et au pied de la marge arabe, la fosse Jean Charcot (Shaban) située plus au Nord et au centre de la dépression axiale, la terminaison septentrionale de la mer Rouge au débouché des golfes de Suez et d'Aqaba.

III. RESULTATS

1. La fosse Jean-Charcot (Shaban)

La fosse Jean-Charcot a été découverte le 3 décembre 1983 à la position 25°15'N, 35°22'E au centre de la dépression axiale du segment nord. Sa forme est rectangulaire et elle a 10 km de longueur et 6 km de largeur. L'orientation de l'axe de la fosse est N138°E, et cet axe est représenté par un haut topographique parsemé de petits cônes volcaniques. Les bassins latéraux s'étendent à une profondeur de 1490 m et le point culminant sur l'axe est à 900 m de

profondeur. Les pentes le long du relief central et en bordure de la fosse sont de l'ordre de 40 % ou plus. Le sondeur a montré un écho horizontal caractéristique du toit des saumures dont l'épaisseur atteint 250 ms t.d. Les profils de sismique réflexion montrent le toit des couches évaporitiques en bordure de la fosse, une mince couche sédimentaire litée dans les deux bassins adjacents, un relief linéaire axial montrant des hyperboles caractéristiques des roches volcaniques.

Un échantillon de saumure a été prélevé à 25 m du fond dans le bassin sud. La température potentielle mesurée était de 24,8°C, ce qui est de 2 à 3°C supérieur à l'eau de fond normale. C'est donc une saumure froide par rapport à celle de la fosse Atlantis II (63°C). La salinité mesurée sur l'échantillon est de 310 ‰ et la chlorinité de 190 ‰. C'est une des plus fortes valeurs rencontrées en mer Rouge et comparable à celle de la fosse Atlantis II.

Une carotte de 800 cm a été prélevée dans le bassin sud. Cette carotte comprend quatre unités sédimentaires de type hydrothermal séparées par trois unités à dominante biodétritique. Les unités hydrothermales montrent principalement un enrichissement en zinc (0,3 à 0,6 %). Cette série sédimentaire repose directement sur le basalte dont un fragment a été prélevé par l'ogive du carottier. C'est un ferrobasilte tholéiitique à spectre de terres rares plat comparable aux basaltes océaniques. Toutefois sa teneur relativement élevée en potassium ainsi que la nature de ses clinopyroxènes indiquent certaines tendances transitionnelles.

C'est le témoin le plus septentrional de croûte à affinité océanique en mer Rouge.

2. La fosse Mabahiss (Al Wajh)

Cette fosse a été découverte en 1934 par le navire égyptien Mabahiss. Elle est située à la terminaison méridionale du segment N mer Rouge à $25^{\circ}20'N$. C'est une fosse profonde (2200 mètres) en forme de trapèze isocèle allongée dans la direction générale de la dépression axiale N mer Rouge. Cette fosse est partiellement oblitérée par un appareil volcanique implanté sur son axe au tiers septentrional. Cet appareil volcanique est sub-circulaire, de diamètre 5,5 km au niveau de l'isobathe 1000 mètres et porte une caldeira à son sommet. Des anomalies magnétiques et gravimétriques élevées sont associées à cette structure. Vers le SE, le relief volcanique s'ennoie progressivement dans une dépression à fond plat de 16×9 km de superficie où les profondeurs atteignent 2180 m. On peut supposer, d'après les fortes linéations magnétiques se poursuivant jusqu'au bord SE de cette dépression, que le socle volcanique se poursuit sous la fosse et serait recouvert par des séries volcanoclastiques et biodétritiques. La dépression est encadrée par des escarpements abrupts entre 1500 et 2100 m au NE et 1100 et 2100 m au SW.

Les caractères morphologiques et les structures superficielles résultent d'une juxtaposition complexe des évaporites miocènes, des sédiments plioquaternaires d'épaisseurs très variables et d'un magmatisme basaltique localement très important. Les différentes unités de la zone Mabahiss sont déformées par des tectoniques d'origines variées : fluage et diapirisme salifères, fractures, déformations souples, mouvements gravitaires. Le schéma d'évolution proposé d'après l'analyse structurale et la modélisation des anomalies magnétiques est le suivant :

initiation d'un volcanisme peu profond au début du Pliocène (environ 4 Ma) le long d'une zone transverse ; agrandissement de cette zone de volcanisme au cours des stades ultérieurs par une succession de phases tectoniques et volcaniques.

3. La jonction mer Rouge-golfe de Suez-golfe d'Aqaba

Les levés réalisés dans ce secteur avaient pour but de vérifier l'existence de structures liées au mouvement le long des frontières de plaques Nubie-Sinaï-Arabie. L'extrémité sud-orientale de la péninsule du Sinaï est limitée par un fossé profond de 1300 m et de direction moyenne $N35^{\circ}E$. Ce fossé, constitué de deux bassins étroits, est caractérisé par un important remplissage d'épaisses séries litées. La transition entre la bordure du Sinaï et ce fossé est effectuée par des escarpements de failles à composante normale importante.

Les structures orientées $N10^{\circ}E$, sous forme d'accidents majeurs, apparaissent entre l'axe de la mer Rouge et la marge égyptienne à la sortie du golfe de Suez. Ces accidents, absents plus au sud, correspondent à des escarpements de failles orientés $N10^{\circ}E$, limitant des blocs basculés de socle de nature continentale. L'important remplissage sédimentaire plio-quaternaire en éventail de ces bassins montre la continuité du mouvement différentiel de ces blocs.

Les deux directions dominantes observées sont donc $N10^{\circ}E$ et $N35^{\circ}E$. La direction $N10^{\circ}E$ est bien marquée à l'ouvert du golfe de Suez et peut souligner la direction d'un mouvement de coulissage le long de cette frontière entre les plaques Nubie et Sinaï. En ce qui concerne la direction $N35^{\circ}E$ bien marquée dans les bassins situés à la pointe du Sinaï et dans le golfe d'Aqaba,

elle est oblique d'une vingtaine de degrés à la direction générale de coulissage décrite précédemment. Il y aurait donc ouverture de ces bassins et de ceux du golfe d'Aqaba avec une faible composante d'étirement qui expliquerait la succession de bassins disposés en échelon et de forme losangique (pull-apart) (8).

4. Le segment septentrional de la mer Rouge

De la fosse de Mabahiss au sud, au golfe de Suez au nord, la dépression axiale présente une orientation générale N140°E qui est légèrement oblique à la direction générale nord mer Rouge qui est N150°E. Les profondeurs moyennes à l'axe de cette dépression centrale oscillent autour de 1300 mètres. Une dizaine de cuvettes atteignant 1500 mètres ou plus ont été cartographiées. La plupart sont des cuvettes de dissolution ou d'origine tectonique dans les évaporites. Seule la fosse Jean-Charcot montre de la croûte océanique à l'affleurement. Plusieurs anomalies magnétiques dipolaires ont été détectées. Elles indiquent l'existence de sources localisées et elles présentent des orientations variées. Cet aspect dipolaire et les directions variées observées contrastent avec la régularité et la linéarité des anomalies magnétiques associées aux dykes miocènes, observées à terre.

La zone axiale du segment nord mer Rouge est donc caractérisée par l'existence d'évaporites miocènes s'étendant sur toute sa largeur. Des déformations nombreuses : failles, cuvettes, diapirs, témoignent de processus de distension affectant les séries miocènes et plio-quatérnaires. Les anomalies magnétiques dipolaires indiquent l'existence de corps intrusifs localisés. L'ensemble de ces données confirment l'idée générale de la progression de

l'ouverture de la mer Rouge du sud au nord (7) (4) (6). Toutefois quelques structures décrites ici (fosses Mabahiss et Jean-Charcot) s'éloignent notablement du modèle de progression régulière.

Bibliographie

- (1) G. Pautot, 1983. *Oceanologica Acta*, vol. 6, n° 3, 235-244.
- (2) R. Coleman, 1984. *Proceedings of the 27 I.C.G.*, Moscow, 23, 93-121.
- (3) X. Le Pichon et J. Francheteau, 1978. *Tectonophysics*, 46, 369-406.
- (4) V. Courtillot, 1982. *Tectonics*, 1, 3, 239-250.
- (5) S. Hall, 1977. Ph. D. Thesis, Newcastle-upon-Tyne, 260 p.
- (6) J. Cochran, 1983. *The A.A.P.G. Bull.*, 67, 1, 41-69.
- (7) A. Izzeldin, 1982. Thèse 3ème cycle, Univ. de Strasbourg, 163 p.
- (8) Z. Garfunkel, 1981. *Tectonophysics*, 80, 81-108.

IV. SUMMARY

New bathymetric, geologic and geophysical data obtained during the R.V. Jean Charcot Transmerou cruise in the northern Red Sea as well as previously available information lead to a regional synthesis of the geology of this segment. Detailed surveys of the Mabahiss deep (near 25°20N), Shaban deep (Jean Charcot near 26°13N) and the Red Sea - Aqaba Suez - triple junction were made during the cruise.

New gravimetric and magnetic anomaly maps have been drawn using only the more recent and accurate data. Besides the structures observed in the upper part of the Miocene evaporitic sequence which

covers the axial areas, new observations were also made concerning the thickness of the Plio-Quaternary sediments which may increase in relation with local basin subsidence. These basins and numerous other minor structures were caused by the Red Sea initial extensional tectonism.

The Mabahiss deep seems to be a few million years old. It includes a deep (at -2180 m) close to a seamount (at -900 m) of clearly volcanic origin. Smaller and probably younger, the Jean-Charcot deep presents similar characteristics with an axial volcanic crest (at -940 m) separating small basins as deep as -1490 m containing cold brines. The rock collected in this deep, the first basement rock sample from the northern Red Sea axial area, is a transitional basalt.

All these data are coherent with a progressive South to North oceanization of the Red Sea. This "oceanization" does not result from the regular progression of an axial opening but rather from the coalescence of isolated oceanized cells.

Concerning the junction area near Sinai, a relative N10°E motion of the Sinai plate relative to the Nubia (African) plate appears compatible with the structural pattern of the gulf of Suez-Red Sea transition.

V. LISTE DES PUBLICATIONS ISSUES DE LA CAMPAGNE

Pautot G., A. Coutelle, P. Guennoc, N. Lyberis, G. Auclair, F. Berthelot, N. Dufrien, O. Parize (1984). Découverte d'une nouvelle fosse à saumures, sédiments métallifères et appareil volcanique central en mer Rouge. 10e R.A.S.T., Bordeaux, p. 435.

Equipe Transmérrou, 1984. Une nouvelle fosse à saumures en mer Rouge. Géochronique, n° 9, 1984,

p. 7.

Pautot G. et P. Guennoc, 1984. Les fosses à saumures et sédiments métallifères de la mer Rouge : apports de l'analyse morphostrucutrale effectuée par les équipes françaises. Colloque Germinal, 2ème séminaire sur les ressources minérales sous-marines, Brest, mars 1984, p. 543-556.

Pautot G., P. Guennoc, A. Coutelle et N. Lyberis, 1984. Discovery of a large brine deep in the northern Red Sea. Nature, vol. 310, n° 5973, 12-18 July 1984, 133-136.

Maury R.C., H. Bougault, A. Coutelle, P. Guennoc, J.L. Joron et G. Pautot, 1985. Présence de ferrobasilte tholéiitique dans la fosse Jean-Charcot (26°15N, 35°22E) : signification dans le contexte géodynamique de la mer Rouge. C.R.Ac. Sc. Paris, t. 300, sér. II, n° 16, 811-816.

Pautot G., P. Guennoc, A. Coutelle et N. Lyberis, 1986. Nouveaux éléments sur la structure de la vallée axiale du segment nord mer Rouge de 25° à 28°N (campagne Transmérrou, 1983). Bull. Soc. Géol. Fr., 8e série, tome II, n° 3, mai-juin 1986, 381-399.

Pautot G., A. Coutelle et P. Guennoc, 1986. Géologie des fosses Jean-Charcot (Shaban) et Mabahiss : segment nord de la mer Rouge entre 25°N et 28°N. 12e R.A.S.T., Clermont-Ferrand, avril 1986, p. 145.

Pautot G. et P. Guennoc, 1986. Proposal for oceanic drilling in the central and northern Red Sea axial areas. In "French proposals for oceanic drilling in the Indian and Southern Oceans", ODP France, v. 1, p. 1-39, IPG Strasbourg (Schlich R. and M. Munsch, Eds.).

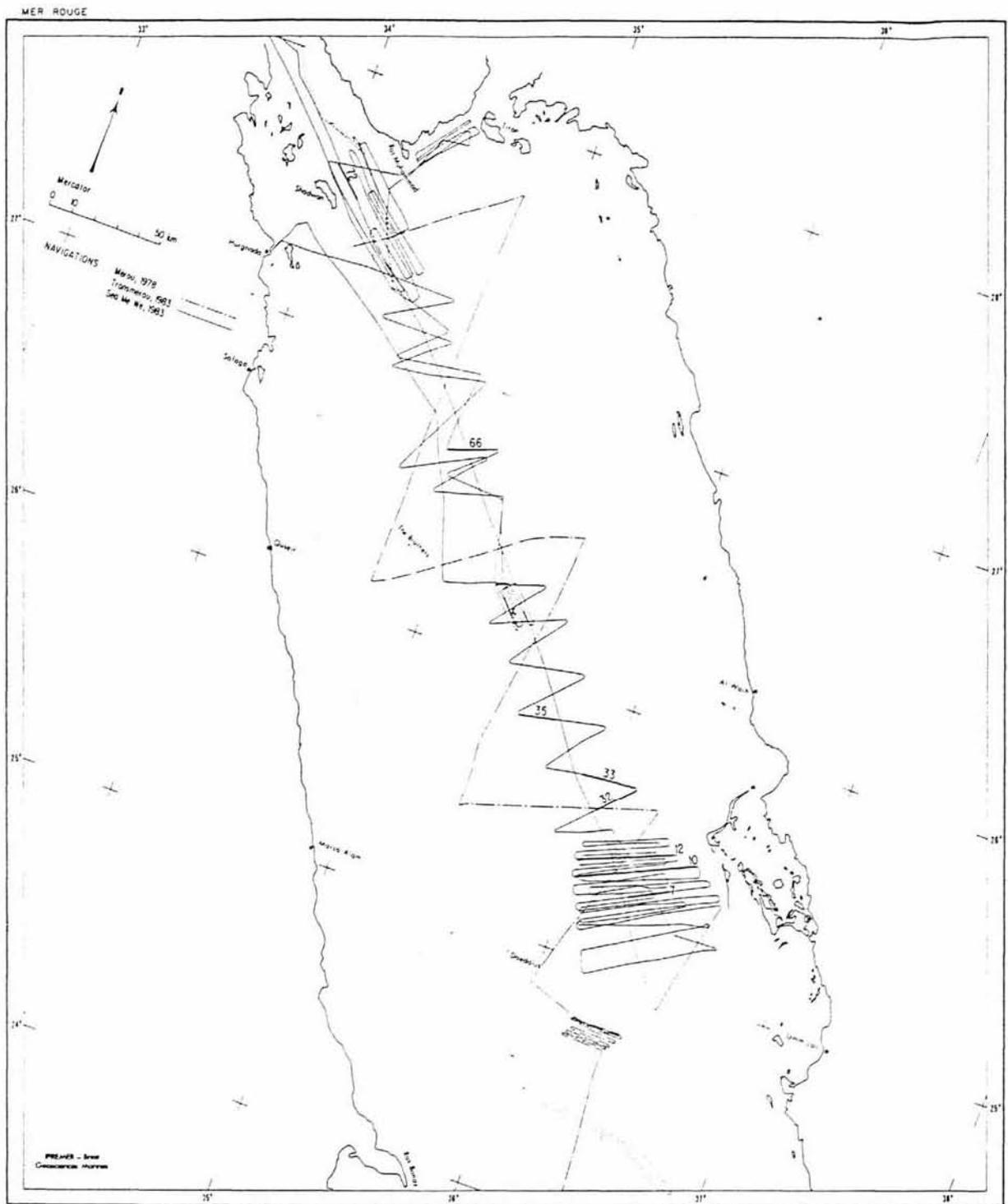
P. Guennoc, G. Pautot et A. Coutelle, 1987. Caractères géologiques et structuraux de la vallée axiale du segment nord mer

Rouge et processus de mise en place de croûte océanique. Réunion Spéciale Soc. Géol. France, "Golfe de Suez et mer Rouge", comm. orale, 7-12-87, Paris Tour Elf.

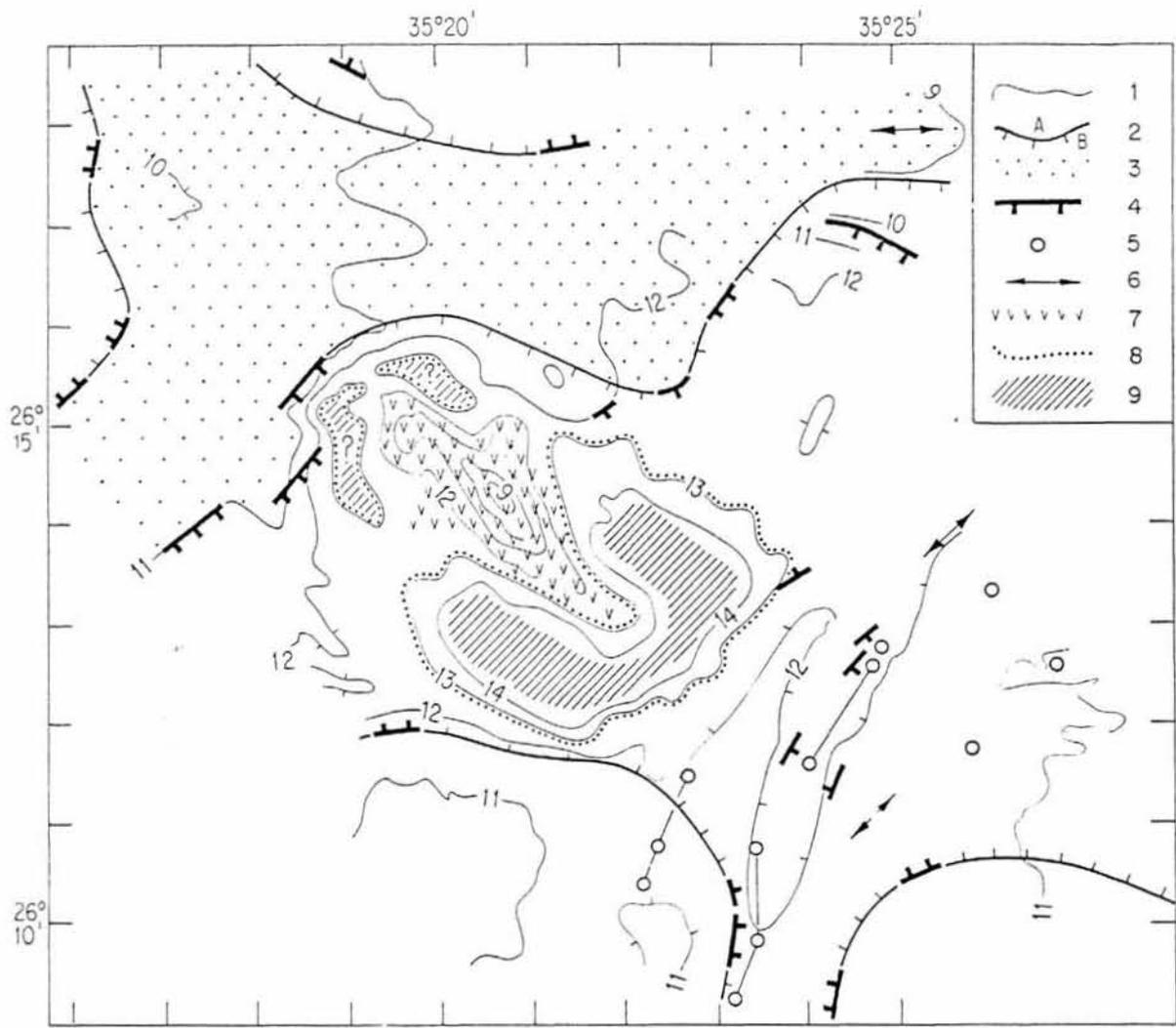
A. Coutelle, G. Pautot et P. Guennoc, 1987. La cellule d'océanisation : stade initial de la formation de la croûte océanique en mer Rouge. Réunion spéciale Soc. Géol. France, "Golfe de Suez et mer Rouge", comm. orale, 7-12-87, Paris Tour Elf.

P. Guennoc, G. Pautot et A. Coutelle, 1988. Surficial structures of the northern Red Sea axial valley from 23°N to 28°N : time and space evolution of neo-oceanic structures. Tectonophysics, 153 (1988), 1-23.

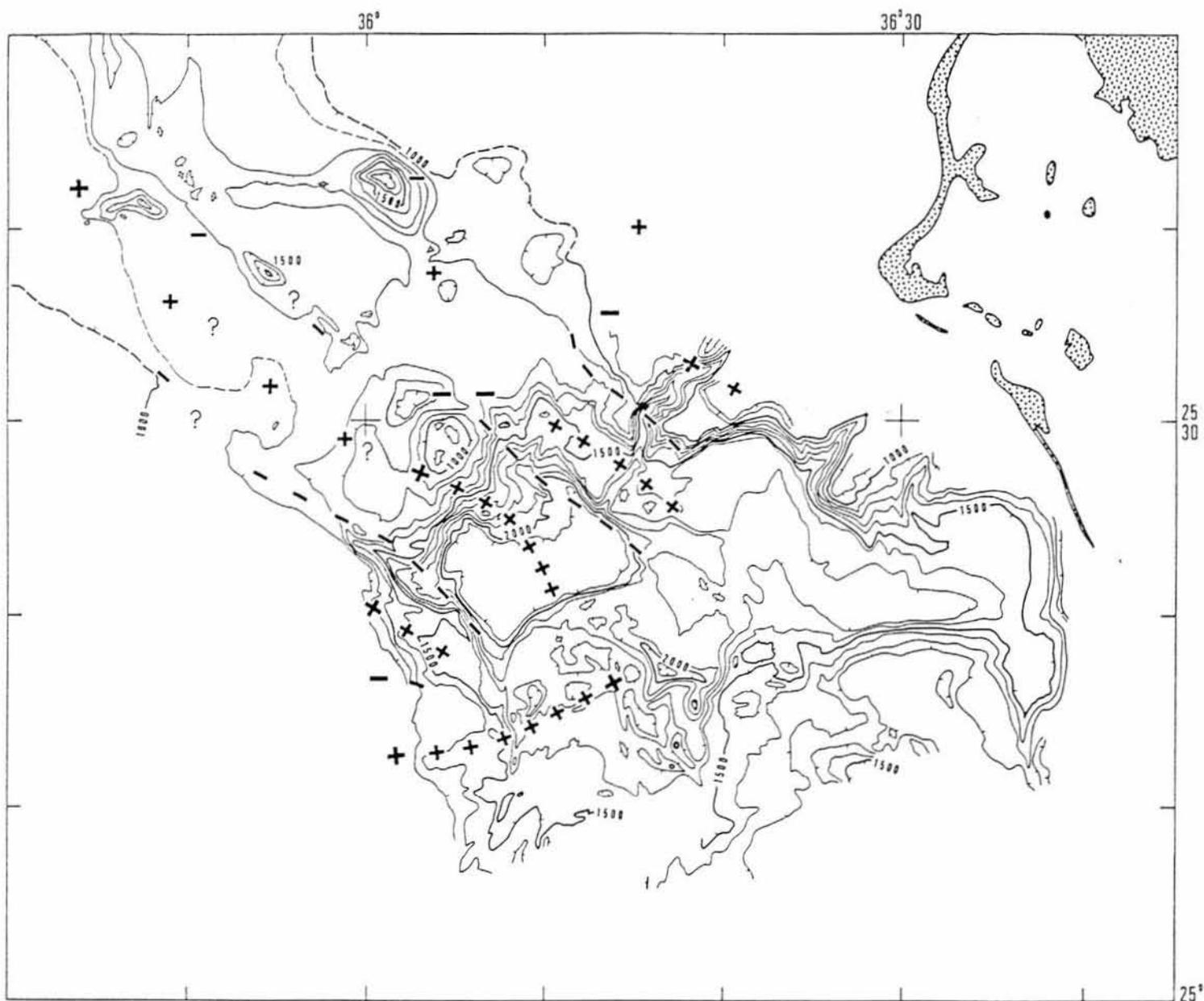
P. Guennoc, G. Pautot, M.F. Le Quentrec, A. Coutelle, 1989. Structure of a recent oceanic rift in the northern Red Sea. Oceanologica Acta, in press.



Ship's tracks of Transmerou (1983), Merou (1978) and Seamewe (1983) cruises. Transmerou Seabeam tracks are represented in continuous lines.



Shaban (Jean Charcot) deep. Structural map. 1: isobaths x 100 meters ; 2: boundary between areas where Upper Miocene series are either isotrope and shallower (A) or layered and deeper (B) ; 3: thin (≤ 150 msec.). Plioquaternary unit ; 4: faults ; 5: collapsed structures ; 6: highs or anticlines ; 7: outcropping volcanic basement ; 8: limit of brines ; 9: recent hydrothermal sediments.



Simplified bathymetry of the Mabahiss deep (contour interval : 100 meters) and main positive and negative magnetic lineations.