

Activité tectonique, magmatique et hydrothermale dans le bassin de Manus (SW Pacifique, Papouasie-Nouvelle Guinée) : campagne MANUSFLUX du *Shinkai-6500*

Jean-Marie Auzende, Tetsuro Urabe, Ray Binns, Jean-Luc Charlou, Kaul Gena,
Toshitaka Gamo, Katell Henry, Osamu Matsubayashi, Takeshi Matsumoto, Roger Moss,
Jiro Naka, Yoshiharu Nagaya, Kei Okamura et Etienne Ruellan

C.R. Acad. Sci. Paris,
t. 323, série II a,
p. 501 à 508,
1996

Résumé La dorsale du bassin de Manus est subdivisée en 3 segments principaux encadrés par les zones de fracture Wullaumez, Djaul et Weitin. La campagne Manusflux du programme Franco-Japonais New STARMER avait pour objectif l'exploration *in situ*, à l'aide du *Shinkai-6500*, des segments central et oriental de la dorsale et l'échantillonnage des sites hydrothermaux associés. Les 2 segments montrent une morphologie différente, un substratum soit basaltique, soit dacitique et tous les degrés d'activité hydrothermale depuis la diffusion de basse température jusqu'au stade fumeurs noirs.

Mots-clés : SW Pacifique, Bassins arrière-arc, Manus, Hydrothermalisme, Tectonique, Magmatisme.

J.-M. A., J.-L. C. et K. H. : IFREMER/CB,
BP n° 70, 29280 Plouzané, France ;

J.-M. A. : actuellement à ORSTOM,
BP n° AS, 98848 Nouméa CEDEX,
Nouvelle-Calédonie ;

T. U. et O. M. : Geological Survey of
Japan, 1-1-3 Higashi, Tsukuba,
Ibaraki 305, Japon ;

R. B. : CSIRO, PO Box 136, North ridge,
NSW, 2113 Australie ;

K. G. : Akita University, Aoba-ku,
Sendai 981, Japon et University
of Papua New Guinea ;

J. N. et T. M. : JAMSTEC,
2-15 Natsushima-cho, Yokosuka,
Kanagawa, Japon ;

R. M. : Department of Geology,
University of Toronto,
22 Russell street, Toronto,
Ontario M5S 3B1, Canada ;

Y. N. : Hydrographic Department,
5-3-1- Tsukiji, Chuo-ku, Tokyo 104,
Japon ;

T. G. et K. O. : ORI, University
of Tokyo, 1-15-1 Minami-dai,
Nakano-ku, Tokyo 164, Japon ;

E. R. : CNRS, Institut de
Géodynamique, rue A. Einstein,
06560 Valbonne, France.

Abstract **Tectonic, magmatic and hydrothermal activity in the Manus Basin
(SW Pacific, Papua-New Guinea): MANUSFLUX cruise, *Shinkai-6500***

The Manus Basin spreading system is made of 3 main ridge segments limited by Wullaumez, Djaul and Weitin FZ. The aim of the Manusflux cruise of the *R/V Yokosuka* and the submersible *Shinkai-6500* was the *in situ* exploration of the central and eastern ridge segments and the study of the associated hydrothermal activity. Both segments show a different morphology, a basaltic or dacitic basement and all types of hydrothermal activity from low temperature diffusion up the black smoker stage.

Keywords: SW Pacific, Back-arc basins, Manus, Hydrothermalism, Tectonics, Magmatism.

**Abridged
English
Version**

THE Manus basin is one of the intra-arc or back-arc basins aligned along the Australian and Pacific Plates boundary (fig. 1). The emerged areas surrounding the Manus basin constitute an ancient tertiary volcanic arc, part of the arc separating the Australian and Pacific plates (Gill and Gorton, 1973; Falvey, 1975; Auzende *et al.*, 1988) at that time and dismembered during the opening of Manus basin about 4 Ma ago (Falvey and Pritchard, 1984). The present-day spreading in the Manus Basin is located on 3 successive NE-SW trending ridge segments offset by N120 transform faults, Weitin and Djaul FZ to the east and Wullaumez to

the west (fig. 1) (Taylor, 1979; Taylor *et al.*, 1994). The main segments surveyed are the Manus Spreading Center (MSC) in the central part between 3° and 3°40'S, centred on 150°E and the Southeastern Rift (SER). Both segments have been covered by bathymetry, imagery and geophysics (Tufar, 1990; Taylor *et al.*, 1994) and also by deep-towed photographs, dredging, and water column measurements in order to identify hydrothermal activity (Both *et al.*, 1986). The aim of the Manusflux cruise was the *in situ* exploration and sampling of the Manus ridge segments and active hydrothermal processes.

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote : Bx 10320 Ex : 1

Fonds Documentaire ORST

Cote : Ex :

Note

présentée par
Jean Aubouin.

remise le 18 décembre 1995,
acceptée après révision
le 1^{er} juillet 1996.

Fonds Documentaire ORSTOM



010010320

MAIN RESULTS OF MANUSFLUX CRUISE

Two spreading segments of Manus basin have particularly been studied during the 15 dives of *Shinkai-6500*.

1. **The Manus Spreading Centre (MSC)** is the segment comprised between the Wuillaumez and Djaul Fracture Zones. It extends from 3°40'S to 3°05'S and is characterized by two trends and two main morphological types (figs. 2 and 3). Between 3°40' and 3°20'S, the spreading axis is located on a N45 ridge culminating at less than 2,200 m-depth, cut to the north-east by a 200 to 300 m-wide, 50 to 100 m-deep axial graben. Between 3°30' and 3°33'S the ridge is capped by an axial elongated volcano the top of which is at less than 1,950 m-depth. Between 3°20' and 3°05'S probably related to the change of trend of the axis, occurs a drastic change in the spreading axis morphology. The spreading axis occupies a 2 to 3 km-wide, 200 m-deep graben cut in its middle by a neovolcanic ridge.

Two diving sites have been selected on MSC: the first one is the *Vienna Woods* site (Tufar, 1990; Lisitzin *et al.*, 1990). It is located at 2,500 m-depth in the axial graben at 3°10'S and 150°17'E near a fault bounding to the SE the neovolcanic ridge (fig. 3a). The area of lobate lava and pillows locate in the vicinity of the *Vienna Woods* site shows an intense field of N60 fissures. The *Vienna Woods* hydrothermal site is an important field of active and fossil chimneys about 300 m in diameter. The main chimneys explored, 10 to 15 m-high on the top of a sulfides mound, expel a 285 to 300°C and H₂S poor, shimmering fluid with a pH of 4.5. The chimneys are made of anhydrite, sulfides, oxides and silica. The associated fauna mainly consists of gastropods, Bythograeid crabs, galatheids, shrimps and cirripeds.

The second explored area corresponds to the recent axial volcano located in the southern part of the MSC (fig. 3b). This volcano named *Munkalin* (razor-back in Papuan dialect) reaches a 1,942 m-depth. The dive observations show that the volcano has recently been emplaced in a system of conjugate fractures, N45 which is the main trend of the axis and N120-140 which is the trend of the Wuillaumez FZ. The outcropping rocks are pillows and lava tubes organized in a succes-

sion of very recent flows. A preliminary analysis of the sampled rocks shows that they are andesitic basalts and not MORB's like the rocks sampled on the MSC axial ridge.

2. **The southeastern Rift (SER)** is a succession of N65 trending ridges (Taylor *et al.*, 1994). These ridges constitute "en échelon" expansion centres between 151°30' and 152°E and 3°30' and 3°45'S. Two zones have been selected in this complex intra-arc extensional domain (Martinez and Taylor, in press): the *Pacmanus* area to the west and the *Desmos* area to the east.

The *Pacmanus* zone (Binns, Wheller *et al.*, 1991) is located on Pual ridge (fig. 4) which is a N65 trending, 1,700 to 2,200 m-deep linear massif. At its northern tip the Pual ridge becomes a double ridge showing a Yshape. The top of the Pual ridge is dotted by circular or elongated seamounts, a few hundred metres width and 50 m height. It is mainly on the NS faults separating these seamounts that are located the active hydrothermal vents constituting the *Pacmanus* site (fig. 3c). Five active sites have been explored. Two of them are shimmering water (T = 45°C) diffusion zones. The others are sulfide chimneys expelling high temperature, acidic black fluids (pH: 2.7 to 3.1 and T = 260°C). The associated fauna is composed of colonies of gastropods, mussels (*bathymodiolus*), galatheids, crabs and fish. The sampled rocks are of andesitic and dacitic type as already shown by Binns and Scott (1993).

The last explored zone is *Desmos* (Gamo *et al.*, 1993). It is a cauldron, located on a transverse N120 structure, perpendicular to the Pual Ridge, about 1.5 km in diameter, 300 m-deep, slightly elongated in a NS direction and crowned by a discontinuous, 150 m-high annular ridge (fig. 3d). Hydrothermal deposits (Both *et al.*, 1986) and methane, manganese, alumina and pH anomalies in the water column have been reported by Craig and Poreda (1987) and Gamo *et al.* (1993).

The dive data show that the cauldron is formed in a thick layer of lava flow. Its faulted walls cut the lava tubes and are covered with alteration products (oxides, staining, etc.). At the foot of the fault a large talus reaches more than 50 m in height. On the northwestern flank of the cauldron an active hydrothermal site has

been observed. It is characterized by a 1 to 2 cm-thick layer of native sulfur covering the whole domain and low temperature shimmering fluids associated with a poorly developed animal population made of bacteria, galatheids, vent fish and spaghetti-worms. A very robust site (the Onsen) has been sampled on an EW fault in this area. It is a white smoker with a temperature of 118°C, a very acidic pH around 2 and heavily loaded in H₂S (9 mmol/l).

CONCLUSION

The Manusflux cruise allows confirmation of the magmatic, tectonic and hydrothermal activity of two segments, MSC and SER of the Manus basin spreading system.

The MSC shows, along strike, the change of morphology from ridge to the south to graben to the north. The ridge morphology is associated with a recent magmatic episode

while the graben morphology reflects a tectonic stage. The intense hydrothermal activity observed on Vienna Woods site is associated with this stage. The SER is a more complex system closer to an extensional zone rather than a typical oceanic spreading zone. Active hydrothermal sites are numerous (Pacmanus and Desmos zones) due to the fact that tectonism is predominant against magmatism. The sampled rocks illustrate the peculiarity of the geodynamical context of the whole area and the arc affinity. They are MORB basalts on the northern part of the MSC, andesitic basalts on the Munkalin volcano and acidic rocks on the SER. The hydrothermal sites cover the whole range from low temperature shimmering waters up to high temperature shimmering or black-smokers. Their chemical content is closely linked with the basic or acidic nature of the outcropping rocks.

INTRODUCTION

Le bassin de Manus est l'un des bassins arrière-arc ou intra-arc qui jalonnent la frontière entre les plaques Australienne et Pacifique (fig. 1). Il est limité au Nord par la fosse de subduction fossile de Manus, et au sud par le système fosse active de Nouvelle Bretagne et suture plissée et chevauchante de Papouasie-Nouvelle Guinée. L'ensemble des terres émergées entourant le bassin constitue un ancien arc volcanique tertiaire, part de l'arc séparant les plaques Australie et Pacifique (Gill et Gorton, 1973 ; Falvey, 1975 ; Auzende *et al.*, 1988), démembré par l'ouverture du bassin de Manus depuis environ 4 Ma (Falvey et Pritchard, 1984). Divers modèles ont été proposés pour expliquer la formation du bassin de Manus depuis l'accrétion diffuse jusqu'à un système complexe impliquant étirement et rotation de micro-plaque (Martinez et Taylor, sous presse), en passant par une accrétion océanique simple (Taylor, 1979).

L'ouverture actuelle du bassin de Manus est localisée sur 3 segments de dor-

sale de direction NE-SW, délimités par 3 failles transformantes, Weitin FZ et Djaul FZ à l'Est et Willaumez FZ à l'Ouest, de direction proche de N120 (fig. 1) (Taylor, 1979 ; Taylor *et al.*, 1994). Les principaux segments de dorsale reconnus sont le Manus Spreading Center (MSC) dans la partie centrale du système, entre 3° et 3°40'S et centré sur 150°E et le Southeastern Rift (SER) qui bute vers l'Est sur la Nouvelle Irlande. Ces deux segments de dorsale ont été couverts par des levés géophysiques, d'imagerie SeaMarc II (Taylor *et al.*, 1994), de bathymétrie multifaisceaux (Tufar, 1990 ; Gamo *et al.*, 1991), ainsi que par des traicts photographiques, des dragages et des mesures chimiques destinés à identifier d'éventuelles venues hydrothermales (Both *et al.*, 1986).

L'objet de la campagne Manusflux du N/O *Yokosuka* et du submersible *Shinkai-6500* (octobre-novembre 1995) était, dans le cadre du programme Franco-Japonais New STARMER, l'exploration *in situ* de deux des segments de la dorsale du bassin de Manus et l'étude des processus hydrothermaux actifs.

Fig. 1 Schéma du système d'accrétion du bassin de Manus (modifié d'après Martinez et Taylor, sous presse).

En cartouche, localisation du bassin de Manus d'après Taylor (1979).

MSC : Manus Spreading Center ou axe central ;

SER : Southeastern Rift ou axe oriental. Les sites explorés sont indiqués. WR=Western Ridge ;

WIT=Wuillaumez Transform Fault ;

DT=Djaul Transform Fault ;

WT=Weitin Transform Fault.

Sketch of the Manus Basin spreading system (modified after Martinez and Taylor, in press).

Inset, location of the Manus Basin after Taylor (1979).

MSC: Manus Spreading Center; SER: Southeastern Rift.

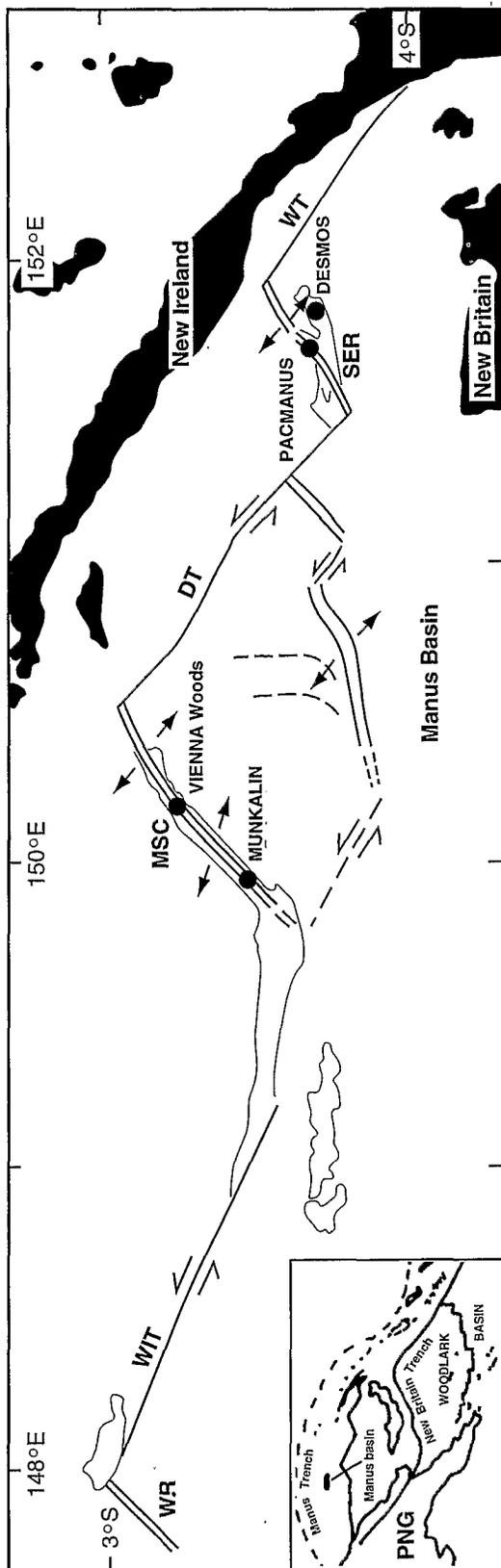
The explored sites are indicated.

WR=Western Ridge;

WIT=Wuillaumez Transform Fault;

DT=Djaul Transform Fault;

WT=Weitin Transform Fault.



RÉSULTATS DE LA CAMPAGNE MANUSFLUX

Deux segments du système d'accrétion du bassin de Manus ont particulièrement été explorés pendant les 15 plongées de la campagne Manusflux.

1. L'axe central (MSC) : il s'agit du segment compris entre la zone de fracture Wuillaumez à l'Ouest et la zone de fracture Djaul à l'Est. Il s'étend de 3°40'S à 3°05'S et est caractérisé par deux directions et deux types de morphologie principaux (fig. 2 et 3, ab). Entre 3°40'S et 3°20'S, l'axe est représenté par une ride de direction N45 culminant à 2 200 m de profondeur, entaillée au NE par un graben de 200 à 300 m de large et de 50 à 100 m de profondeur. Entre 3°30'S et 3°33'S, la ride est remplacée par un massif volcanique allongé dont le sommet est à moins de 1 950 m de fond. Entre 3°20'S et 3°05'S, à la faveur d'un changement de direction de l'axe, de N45 à N60, s'opère un changement radical de la morphologie du système d'accrétion. La ride méridionale laisse la place à un graben de 2 à 3 km de large et de 200 m de profondeur, recoupé par une ride néovolcanique axiale.

Deux sites de plongée ont été retenus sur le MSC : le premier est le site Vienna Woods (Tufar, 1990 ; Lisitzin *et al.*, 1990), situé à 2 500 m de profondeur dans le graben axial à 3°10'S et 150°17'E (fig. 3a). Le site Vienna Woods est situé sur un champ de fissures de direction N60 et de 2 à 3 m de largeur qui bordent au SE la ride néovolcanique. Ce champ de fissures récent se propage dans une vaste étendue de laves lobées constituant la ride néovolcanique et occupant le fond du graben adjacent. Le site hydrothermal lié aux fissures se présente comme un champ de cheminées actives et inactives d'environ 300 m de diamètre. Les principales, de 10 à 15 m de hauteur, au sommet d'un mont de sulfures, émettent un fluide gris-moiré dont la température mesurée varie de 285 à 300°C, le pH de 4,5 et dont la teneur en H₂S est faible. Ces cheminées sont constituées d'anhydrite, de sulfures, d'oxydes et d'une part importante de silice. La faune associée est essentiellement constituée par

des gastéropodes (*Alviniconcha Hessleri*, *Ifremeria Nautili*, *Olgaconcha Tufari* et une espèce jusqu'ici inconnue), des crabes, des galathées, des crevettes et des cirripèdes.

La deuxième zone explorée correspond au volcan axial récent qui est situé au Sud de la ride du MSC (fig. 3b). Ce volcan que nous appellerons *Munkalin* (« dos du rasoir » en dialecte Papou) culmine à 1942 m de profondeur. Les observations faites sur ce domaine montrent que le volcan a été récemment mis en place dans un système de fractures conjuguées, N45, qui est la direction principale de l'axe et N120-140, qui est son conjugué mais aussi la direction de la Wullaumez FZ. Les roches affleurantes sont des « pillow lava » et des tubes de laves qui s'enchevêtrent en une succession d'émissions très récentes, recouvertes en dernier lieu par des coulées scoriacées qui occupent le sommet du volcan. Une analyse préliminaire de ces laves montre que ce sont des basaltes à affinité andésitique alors que, jusqu'à présent, les roches prélevées sur la ride axiale étaient des basaltes de type MORB (Lisitzin et al., 1990).

2. L'axe sud-oriental (SER) : Il se présente sous la forme d'une succession de rides allongées suivant une direction N65 (Taylor et al., 1994). Ces rides, parfois coalescentes, constitueraient des centres d'expansion s'étageant de 151°30 à 152°E, entre 3°30 et 3°45'S. Deux cibles ont été choisies sur ce domaine complexe, interprété comme une zone d'extension intra-arc en échelon (Martinez et Taylor, sous presse) : à l'Ouest le site Pacmanus et à l'Est le site Desmos

La zone *Pacmanus* (Binns, Wheller et al., 1991) est située sur la ride Pual (fig. 4) qui se présente sous la forme d'un massif linéaire, dont la profondeur varie de 2 200 à 1 700 m, s'étendant suivant une direction N65. A son extrémité nord, elle se dédouble pour prendre une forme en Y. Le sommet de la ride Pual est jalonné de petits monts circulaires constitués de coulées de lave, de relief très rugueux, entrecoupées de larges zones de blocs chaotiques. C'est sur les failles NS qui séparent les monts, que se situent les événements hydrothermaux constituant le site

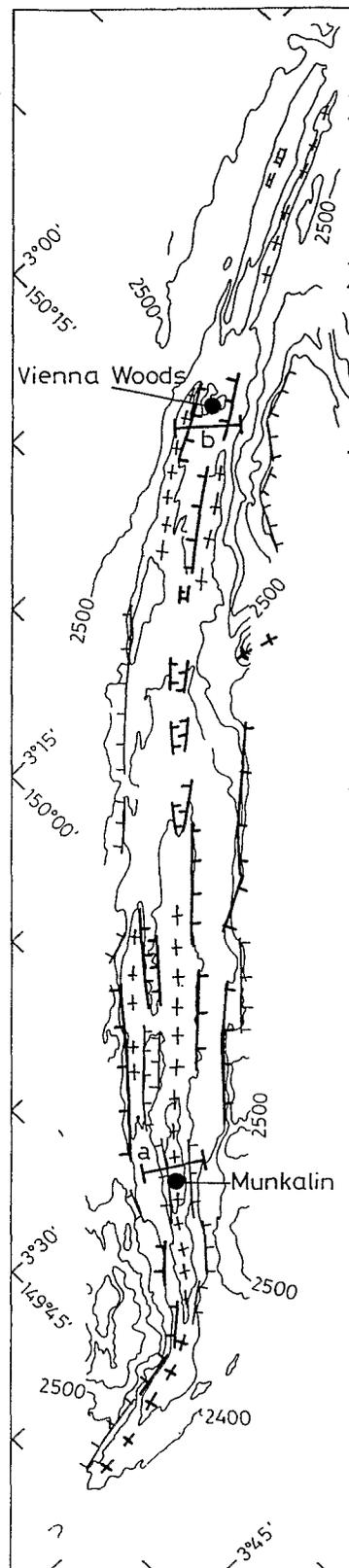


Fig. 2 Carte structurale schématique du Manus Spreading Center. Bathymétrie simplifiée d'après Martinez et Taylor (sous presse).

a) et b) = coupes de la figure 3.

Structural sketch of the Manus Spreading Center. Simplified bathymetry after Martinez and Taylor (in press). a) and b) = profiles of figure 3.

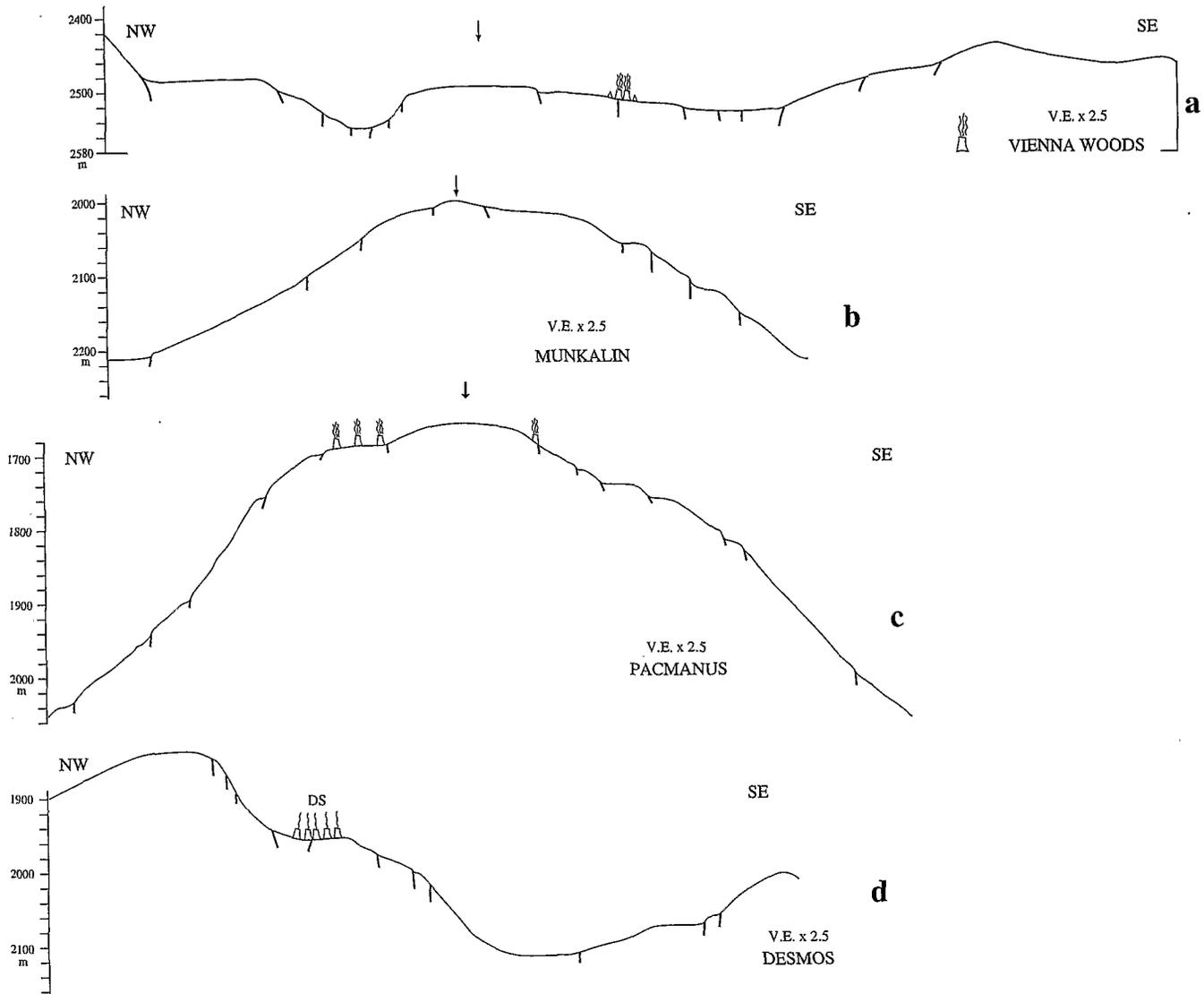


Fig. 3 Coupes transverses des différentes zones explorées. a) Vienna Woods; b) Munkalin; c) Pacmanus; d) Desmos. La position des sites hydrothermaux est indiquée. La flèche marque l'axe d'accrétion.

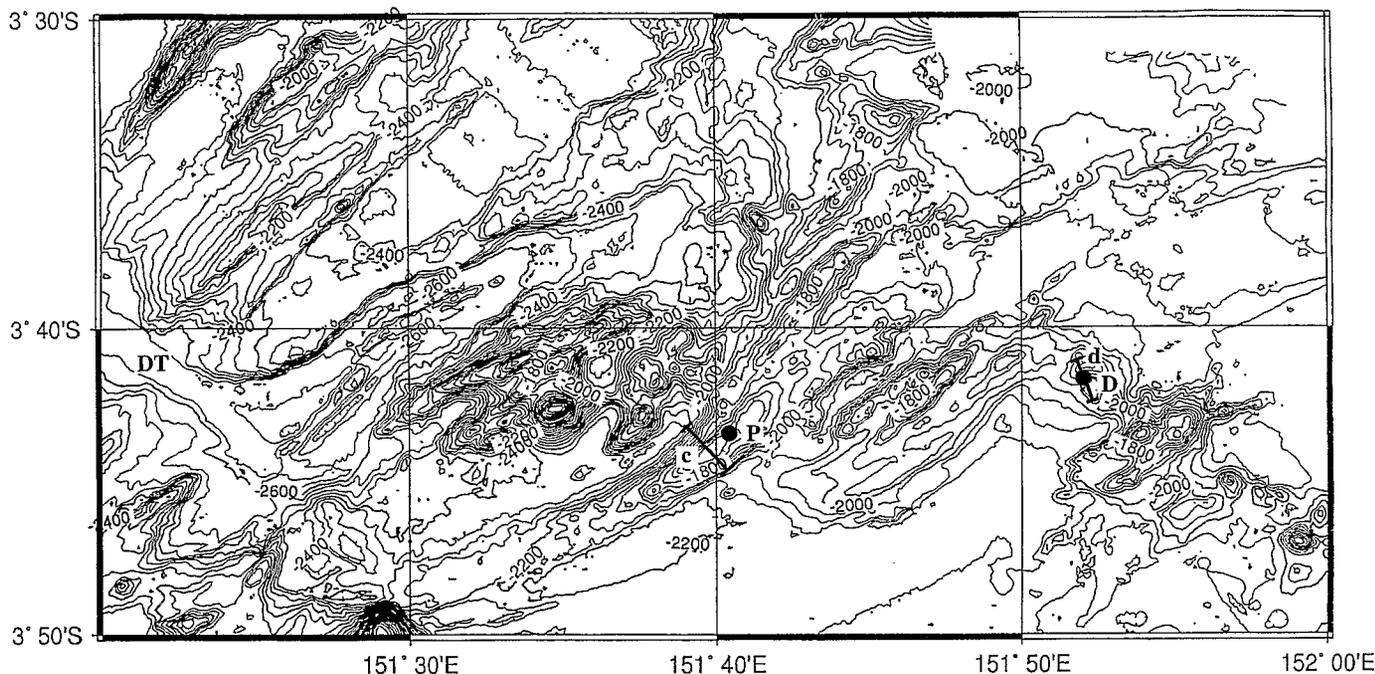
Transverse profiles across the different explored zones. a) Vienna Woods; b) Munkalin; c) Pacmanus; d) Desmos. The location of the hydrothermal sites is shown. The arrow indicates the spreading axis.

Pacmanus (**fig. 3c**). Cinq sites actifs ont été explorés. Deux d'entre eux sont des zones de diffusion d'eau moirée, dont la température est de 45°C. Les autres sont des cheminées caractérisées par de fins conduits constitués par de la sphalérite à l'extérieur et de deux variétés de chalcopryrite dans leur partie interne. Elles émettent des eaux noires de haute température et très acides (pH: 2,7 à 3,1 et T = 260°C). Ces cheminées reposent sur des amas sulfurés de plusieurs dizaines de mètres de diamètre. A leur pied, existent des colonies animales composées principalement de gastéropodes, de moules (bathymo-

diolus), de galathées, de crabes et de poissons. Les roches prélevées sur ce domaine sont de type andésitique et dacitique, comme cela avait été montré par Binns et Scott (1993).

La dernière zone explorée est la zone *Desmos* (Gamo et al., 1993). Il s'agit d'une caldeira située dans une fracture N120, perpendiculaire à la ride Pual, d'environ 1,5 km de diamètre, légèrement allongée dans la direction NS, et de 300 m de profondeur, couronnée par une ride annulaire discontinue de 150 m de hauteur (**fig. 3d**). Des dépôts hydrothermaux (Both et al., 1986) et des

Bassin de Manus - est



anomalies de méthane, manganèse, aluminium et de pH ont été rapportées par Craig et Poreda (1987) et Gamo *et al.* (1993).

Les données des plongées montrent que la caldeira est entaillée dans une épaisse section de tubes de lave. Ses murs faillés subverticaux recourent les tubes de lave et sont recouverts de produits d'altération (oxydes, placages, etc). Au pied des failles, s'étendent d'importants pierriers atteignant plus de 50 m de hauteur. Sur le flanc NW de la caldeira, au pied de la faille principale, un vaste site hydrothermal actif, de plus de 100 m de longueur, montre des zones de diffusion d'eau moirée de basse température, associée à des dépôts d'oxydes et à une colonisation animale peu variée, constituée de galathées, de poissons, de vers-spaghetti et de matras bactériennes. Un site très puissant (Le Onsen) a été échantillonné sur une faille EW. Il se présente sous la forme d'événements alignés émettant une eau blanche dont la température mesurée est de 118°C, dont le pH très acide est proche de 2 et très chargée en H₂S (9 mmol/l). Associés à ces événements, un dépôt de soufre natif recouvre la totalité du

domaine sous la forme d'un film uniforme de 1 à 2 cm d'épaisseur. Aucun autre type de dépôt d'origine hydrothermale n'a été observé dans la zone.

CONCLUSION

La campagne Manusflux permet de confirmer l'activité des deux segments MSC et SER du système d'accrétion du bassin de Manus, que ce soit au point de vue tectonique, magmatique ou hydrothermal.

Sur le MSC, le site Vienna Woods est étroitement liée à l'intense fissuration affectant la bordure orientale de la ride néovolcanique. Par contre, sur le volcan Munkalin caractérisé par une activité magmatique très récente (quelques dizaines d'années ?), aucune activité hydrothermale n'est encore visible.

Le SER est un système beaucoup plus complexe, dont l'évolution rappelle celle d'une zone d'extension plutôt que celle d'une ouverture océanique proprement dite. A ce segment sont aussi associés de nom-

Fig. 4 Carte bathymétrique réalisée lors de Manusflux, de la portion du SER explorée par le *Shinkai-6500*. Isobathes tous les 50 m. P=Pacmanus ; D=Desmos ; DT : Djaul FZ. Les coupes c) et d) de la figure 3 sont indiquées.

Bathymetric map resulting of Manusflux survey, of the SER area explored by *Shinkai-6500*. Contour interval: 50 m. P= Pacmanus; D= Desmos; DT: Djaul FZ. Profiles c) and d) of figure 3 are indicated.

breux sites hydrothermaux actifs (zones Pacmanus et Desmos), dans la mesure où les événements tectoniques prédominent sur les émissions magmatiques.

Les roches prélevées rendent bien compte du contexte géodynamique particulier du bassin de Manus. Ce sont des basaltes MORB sur la ride du MSC, puis des basaltes à affinité andésitique sur le volcan Munkalin

et enfin des roches acides (dacites et andésites) sur le SER. L'influence de l'arc tout proche se fait ainsi sentir.

Les sites hydrothermaux explorés couvrent toute la gamme, depuis les suintements moirés de faible température jusqu'aux fumeurs noirs de très haute température. La nature des roches encaissantes, basique ou acide, a un effet évident sur leur composition.

Remerciements : Nous remercions Brian Taylor pour l'ensemble des données qu'il nous a fournies et qui nous ont permis d'assurer une très bonne préparation de la campagne Manusflux.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AUZENDE, J.M., LAFOY, Y. et MARSSET, B., 1988. Recent geodynamic evolution of the North Fiji Basin (SW Pacific), *Geology*, 16, p. 925-929.
- BINNS, R.A., WHELLER, G. *et al.*, 1991. Report on the PACMANUS I cruise- RV Franklin, Woodlark and Manus Basin, Papua New Guinea, Report n° 263, CSIRO, 107 p.
- BINNS, R.A. et SCOTT, S.D., 1993. Actively forming polymetallic sulfide deposits associated with felsic volcanic rocks in the eastern Manus back-arc basin, Papua New Guinea, *Econ. Geol.*, 88, p. 2226-2236.
- BOTH, R., CROOK, K., TAYLOR, B., BROGAN, S., CHAPPELL, B., FRANKEL, E., LUI, L., SINTON, J. et TIFFIN D., 1986. Hydrothermal chimneys and associated fauna in the Manus back-arc basin, Papua New Guinea, *EOS, Amer Geophys Union Trans.*, 67, p. 489-491.
- CRAIG, H. et POREDA, R., 1987. Studies of methane and helium in hydrothermal vent plumes, spreading axis basalts, and volcanic island lavas and gases in Southwest Pacific marginal basins, Papatua cruise Report, Scripps Inst. Oceanog., 80 p.
- FALVEY, D.A., 1975. Arc reversals, and a tectonic model for the North Fiji Basin, *Austr. Soc. of Explor. Geophys. Bull.*, 6, p. 47-49.
- FALVEY, D.A. et PRITCHARD, T., 1984. Preliminary paleomagnetic results from northern Papua New Guinea: Evidence for large microplate rotations, in *Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Conference*, 3rd, Honolulu, *Transactions*, p. 593-599.
- GAMO, T., SAKAI, H., ISHIBASHI, J., NAKAYAMA, E., ISHIKI, K., MATSURA, H., SHITASHIMA, K., TAKEUCHI, K. et OHTA, S., 1993. Hydrothermal Plumes in the Eastern Manus Basin, Bismarck Sea - CH₄, Mn, Al and pH Anomalies, *Deep-Sea Res.*, 40(11-12), p. 2335-2349.
- GILL, J.B. et GORTON, M., 1973. A proposed geological and geochemical history of eastern Melanesia, in COLEMAN, P.J., éd., *The Western Pacific : Island Arcs, Marginal Seas and Geochemistry*, University of Western Australia Press, p. 543-566.
- HAMBURGER, M.W. et ISACKS, B.L., 1988. Diffuse back-arc deformation in the southwestern Pacific, *Nature*, 332, p. 599-604.
- LISITZIN *et al.*, 1990. Manus Basin, Papua New Guinea, Operations of RV Akademik Mstislav Keldysh, Cruise report, 252 p.
- MARTINEZ, F. et TAYLOR, B. (sous presse). Fast backarc spreading, rifting and microplate rotation between transform faults in the Manus Basin, Bismarck Sea, *Marine Geophysical Res., Special Issue: Seafloor mapping in the West, Southwest and South Pacific*, AUZENDE, J.-M. et COLLOT, J.-Y. éd., 18-1/3.
- TAYLOR, B., 1979. Bismarck sea: evolution of a back-arc basin, *Geology*, 7, p. 171-174.
- TAYLOR, B., CROOK, K. et SINTON, J., 1994. Extensional transform zone and oblique spreading centers, *J. Geophys. Res.*, 99, n° B10, p. 19707-19718.
- TUFAR, W., 1990. Modern hydrothermal activity, formation of complex massive sulfide deposits and associated vent communities in the Manus back-arc basin (Bismarck sea, Papua New Guinea), *Mitt. Österr. geol. ges.*, 82, p. 183-210.