

# Hydrothermalisme et communautés animales associées sur la dorsale du Pacifique oriental entre 17°S et 19°S (campagne Naudur, décembre 1993)

C.R. Acad. Sci. Paris,  
t. 320, série II a,  
p. 47 à 54,  
1995

Patrick Geistdoerfer, Jean-Marie Auzende, Roddey Batiza, Daniel Bideau, Marie-Hélène Cormier, Yves Fouquet, Yves Lagabrielle, John Sinton et Piera Spadea

P. G. : CNRS, Muséum National d'Histoire Naturelle,  
43, rue Cuvier, 75231 Paris Cedex, France;

J.-M. A. : IFREMER, CB/CB, BP n° 70, 29280 Plouzané, actuellement à ORSTOM, BP n° A5, Nouméa, Nouvelle-Calédonie;

R. B. et J. S. : SOEST, 2525 Correa road, Honolulu, HI 96822, USA;

D. B. et Y. F. : IFREMER/CB, BP n° 70, 29280 Plouzané;

M.-H. C. : University of California, Santa-Barbara, California, 93106-9630, USA;

Y. L. : CNRS, Université de Bretagne Occidentale, 6, avenue Le Gorgeu, 29287 Brest Cedex, France;

P. S. : Università degli studi di Udine, Dipartimento di Georisorse e territorio, via Cottonoficio, 114, 33100 Udine, Italia.

**Résumé** 70 sites hydrothermaux actifs ont été découverts lors des 23 plongées du submersible français *Nautile* (campagne « Naudur », décembre 1993) sur la dorsale Est Pacifique, entre 17°S et 19°S. D'importantes communautés animales leur sont associées, et bien que les animaux qui les constituent soient analogues à ceux observés sur cette même dorsale à 11°-13°N et 21°N, les structures des peuplements sont différentes de celles connues par ailleurs. Des champs d'anémones et de bivalves (*Bathymodiolus* et *Calypotogena*) de plusieurs centaines de mètres carrés ont été observés (17°25'S). Les zones de laves les plus récentes paraissent les plus riches biologiquement.

**Mots-clés** : Hydrothermalisme, Dorsale Est Pacifique, Communautés animales.

**Abstract** **Animal communities and hydrothermal activity on the East Pacific Rise between 17°S and 19°S (Naudur cruise, December 1993)**

70 hydrothermal sites were observed during the 23 dives of the French submersible *Nautile* ("Naudur" cruise, December 1993), at 17°-19°S on the East Pacific Rise. Large vent-animal communities are present around these sites. The zoological composition of these communities is the same as that of the communities at 11°-13°N and 21°N on the East Pacific Rise. However, the distribution of the species on the sites is different from all the other hydrothermal communities; large anemone fields of several hundred square metres, associated with colonies of *Bathymodiolus* and *Calypotogena*, have been observed. Fresh lava areas seem to bear the most important biological activity.

**Keywords** : Hydrothermal vents, East Pacific Rise, Animal communities.

**Abridged  
English  
Version**

THE objective of the "Naudur" cruise (Auzende *et al.*, 1994) of the French submersible *Nautile* (23 dives) was to carry out the exploration of the East Pacific Rise axis between 17° and 19°S (figure 1), where the spreading rate varies from 140 to 160 mm/a (Naar and Hey, 1989; DeMets *et al.*, 1990; Perram *et al.*, 1993; Renard *et al.*, 1985). The axial area of the rise is at an average depth of 2 600 to 2 700 m, and the morphological characteristics change with tectonic or magmatic activity. Over all the explored areas many active hydrothermal vents were observed

(Fouquet *et al.*, 1994; with the locations of hydrothermal vents) associated with different stages of animal colonization with a large spectrum of species (more than 500 specimens and more than 30 species have been sampled) <sup>(1)</sup>.

In the 17°10'S region, animal colonies are present on the axis with the large mytilid bivalve *Bathymodiolus* in the lava fissures. Alvinellid worms, crabs and empty tubes of *Riftia* have been observed and sampled on the "Paella" active site. Many extinct sites carry fresh lava surrounding the feet of the chimneys.

**Note**

présentée par  
Jean Aubouin.

remise le 16 mars 1994,  
acceptée après révision  
le 2 novembre 1994.

In the 17°25'S region the biological activity is intense and diversified (**figure 2: A, B, C, F and H**). All along the axis, fishes and crabs are present. Between 17°24' and 17°25'S, lobate lava areas are covered by very large fields of orange and pink anemones, sometimes associated with many small grey anemones and Cirripedia Pedunculata; big colonies of *Bathymodiolus* are located in the lava fissures associated with, often dead, colonies of *Calypptogena*. The anemones are locally replaced by serpulid worms. Galatheids such as *Munidopsis* are not abundant but there are many crabs and fishes. Zoarcid fish are abundant over the whole area but more concentrated (banks of several hundreds) in some places (17°24, 93'S) where there exists a diffusion of shimmering water between lava lobes. Seven active hydrothermal sites (high: 3 to 10 m) have been explored ("Rehu", "Marka", "Le Chat" = "The Cat", "Gwen-Meur", "Les Grands Bancs" = "The Great Bank", "Tanios" and "Nadir"). Over the whole surface of the numerous sulfide chimneys of these sites, shimmering waters are diffused; black smokers (fluid at 250-340°C) are also present in the area. On these active vents, except the "Marka" site, many animals are present: anemones, *Bathymodiolus*, alvinellid worms, *Riftia* (on "Rehu" and "Le Chat" sites) and *Tevnia*-like worms, shrimps, crabs, *Neolepas*-like cirripeds, zoarcid fish. Lava pillars emit shimmering waters (60°C) and colonies of *Tevnia*-like worms occupy these vents. Crabs are active predators of these worms and zoarcid fish catch these crabs. Serpulid-worms live on the dead chimneys.

The central region, "The Hump" (18°22'-18°37'S), is characterized by an intense

hydrothermal activity. Large sites ("Le Stiff", "Fromveur"...) with numerous sulfide chimneys and black smokers (more than 300°C) are occupied by a large number of animals, especially alvinellid worms, crabs and fishes (**figure 2: E**) (eels, eelpouts, ophidiid fish). The "Animal Farm" site is similar to the "anemone fields" of 17°25'S but without chimney.

Along the whole axis of this part of the ridge, but South of 18°37'S, life is present with numerous crabs, fishes, octopuses and on the lava, sponges (especially *Caulophacus* and *Chondrocladia*), hydroids, anemones, gastropods, octopuses and echinoderms (crinoids, asterids). Long white filaments covering fresh lava have not been sampled. They are assumed to be enteropneusts (**figure 2: G**).

One conclusion could be that the living communities are richer on the fresher lavas. The hydrothermal species on this part of the EPR are identical, or very similar to, the species living on the northern part of the EPR at 11°-13°N and 21°N, and on the Galapagos Ridge (Desbruyères *et al.*, 1982; Hessler and Smithey, 1984; Grassle, 1986). The distribution of the species, the vent faunal assemblages, are, however, different. In particular nowhere else are there such large anemone-bivalve fields.

The zoarcid fish caught during the "Naudur" cruise is not conspecific to *Thermarces cerberus* (Cohen and Haedrich, 1983; Geistdoerfer, 1985, 1986, 1988; Rosenblatt and Cohen, 1986) or to the fish of MAR ("Snake Pit" site) (Geistdoerfer, 1991, 1994).

(<sup>1</sup>) The study of biological samples is under way. At present it is not possible to give any specific names with certainty.

## INTRODUCTION

Des phénomènes d'hydrothermalisme actif, ainsi que des communautés animales plus ou moins luxuriantes qui leur sont associées, existent sur toutes les dorsales où ils ont été recherchés quel que soit leur taux d'ouverture. Ces communautés animales reposent toutes sur les bactéries chimiosynthétiques libres ou symbiotiques qui, pour créer la matière vivante, oxydent l'hydrogène sulfuré des

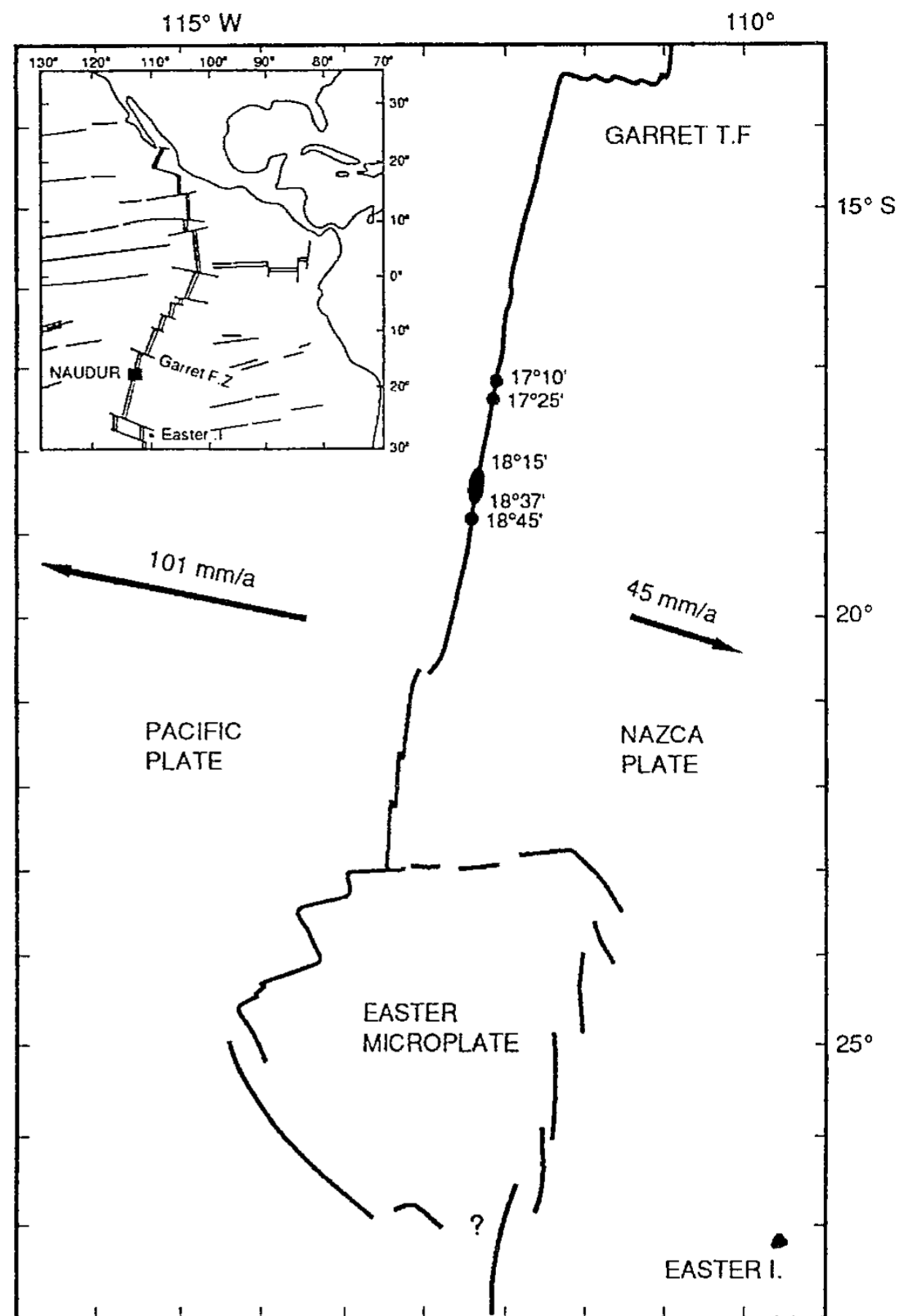
fluides hydrothermaux. Ces communautés diffèrent d'une zone hydrothermale à l'autre; sur toutes cependant se retrouvent certains groupes, genres ou espèces de Vestimentifères, Bivalves, etc., assez caractéristiques.

La campagne « Naudur » (Auzende *et al.*, 1994) s'est déroulée, entre 17°S et 19°S, sur la dorsale du Pacifique oriental (**figure 1**), dont le taux d'ouverture est de 140 à 160 mm/an, l'un des plus rapides jamais ob-

servés sur les dorsales médio-océaniques (Naar et Hey, 1989; DeMets *et al.*, 1990; Peram *et al.*, 1993). La zone axiale a une profondeur moyenne de 2 600 à 2 700 m. La morphologie de l'axe par la nature de son activité, tectonique ou magmatique, diffère selon le segment considéré. Dans cette zone, une activité hydrothermale avait été observée lors de quatre plongées du submersible *Cyana* (campagne « Geocyarise », 1984), entre 21°26'S et 17°26'S (Renard *et al.*, 1985).

Sur la partie nord de la dorsale Est Pacifique, deux zones d'hydrothermalisme actif ont été bien étudiées tant du point de vue géologique que biologique, à 21°N et à 11°-13°N, ainsi que la zone active de la dorsale des Galapagos (Desbruyères *et al.*, 1982; Cohen et Haedrich, 1983; Hessler et Smithey, 1984; Laubier et Desbruyères, 1984; Childress et Fisher, 1992). Les structures des communautés animales de ces zones, sans être rigoureusement identiques, sont très proches les unes des autres, avec de nombreuses espèces communes. En revanche, les communautés hydrothermales de dorsales distinctes de celle du Pacifique oriental, ont chacune une structure propre : sur la dorsale Juan-de-Fuca (Tunnicliffe, 1988), séparée de la dorsale du Pacifique oriental depuis près de 25 Ma, sur la ride du bassin de Lau (Fouquet *et al.*, 1990), sur la dorsale du bassin Nord-fidjien (Auzende *et al.*, 1992; Geistdoerfer et Auzende, 1992), sur la dorsale médio-atlantique (Southward, 1985; Grassle *et al.*, 1986; Rona *et al.*, 1986; Segonzac, 1992), et aussi sur des sites hors axe au niveau de sorties de saumures froides ou d'hydrocarbures (Paull *et al.*, 1982; Kennicutt *et al.*, 1985; McDonald *et al.*, 1989).

Au cours de la campagne « Naudur », de nombreux sites hydrothermaux actifs ont été découverts (Fouquet *et al.*, 1994, fournit les positions des sites hydrothermaux) avec les communautés animales qui leur sont associées. Presque toutes les plongées du *Nautilus* ont permis de récolter des animaux sur les sites hydrothermaux, actifs ou non, et hors des sites (plus de 500 animaux et une trentaine d'espèces) <sup>(1)</sup> qui constituent les premières récoltes sur la dorsale Est Pacifique entre 17° et 19°S.



## RÉSULTATS

L'activité hydrothermale existe sur tous les segments de dorsale étudiés. Localisée dans la zone axiale à des profondeurs comprises entre 2 600 et 2 700 m, elle se manifeste soit sous la forme d'édifices hydrothermaux composés généralement de plusieurs cheminées, soit sous la forme de diffusion à travers les interstices des laves. 70 sites hydrothermaux, actifs ou fossiles, avec ou sans cheminées sulfurées, ont été identifiés au cours de la campagne « Naudur » (Auzende *et al.*, 1994; Fouquet *et al.*, 1994).

La zone 17°10'S est formée par un dôme axial de laves très récentes. Des communautés animales sont observées tout le long de l'axe,

**Figure 1** Carte de localisation des zones de plongée de la campagne Naudur.

Location map of the diving areas of Naudur cruise.

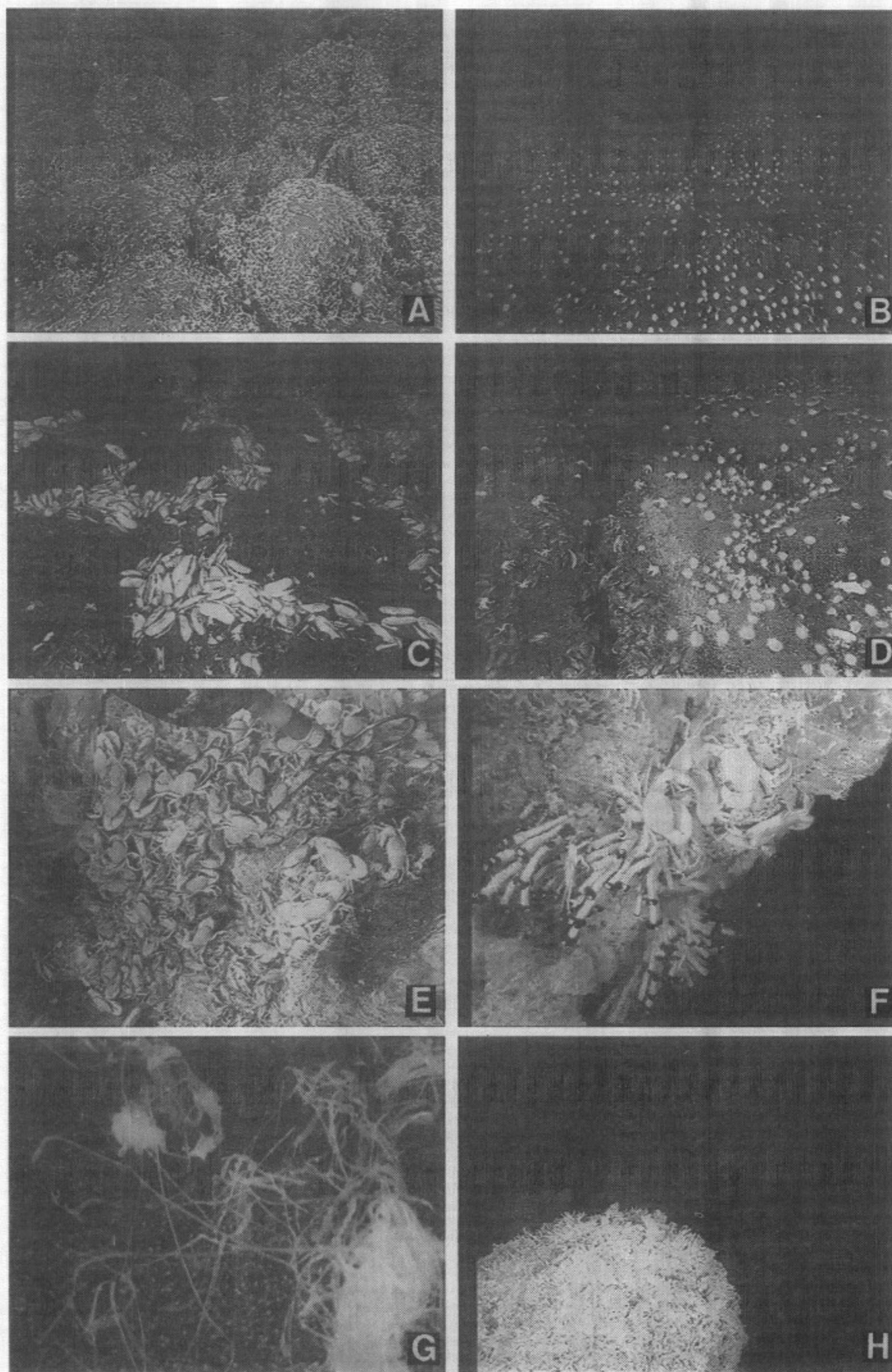


Figure 2 Légende page suivante.

Caption on following page.

notamment des colonies de *Bathymodiolus* qui se tiennent dans les fissures des laves où diffusent les fluides moirés. Un site hydrothermal actif (« Paella »), à basse température, a été observé sur la marge de la fissure axiale ; il présente une petite cheminée d'où jaillit un fluide incolore ( $T=25^{\circ}\text{C}$ ). De la colonie de Vestimentifères *Riftia* qui y a vécu ne subsistent que des tubes vides et un individu vivant ; des Polychètes Alvinellidae et de nombreux crabes, espèces des genres *Bythograea* et *Cyanograea*, se nourrissant notamment d'alvinelles, colonisent ce site.

Des tubes vides de serpules, de Vestimentifères, *Riftia* et probablement *Tevnia*, subsistent sur les emplacements des sites fossiles étouffés par la lave fraîche. Les lobes de lave atteignent la base des cheminées, recouvrant les animaux qui peuplaient le site. Erigé sur un mont de sulfures de 2 à 3 m de haut, le site fossile « Les Colonnes » avec une dizaine de cheminées, est entouré de modioles vivantes.

C'est sur la zone  $17^{\circ}25'S$ , que l'activité biologique apparaît la plus intense et la plus diversifiée (figure 2: A, B, C, D, F, H). De  $17^{\circ}24'$  à  $17^{\circ}25'$ , plusieurs fumeurs actifs ont été observés sur une aire de laves lobées de 200 m de large sur 1,3 km de long, couverte de vastes champs très denses d'Actinies roses et orangées (environ 700 anémones par mètre carré), associées par endroit à de très nombreuses petites Actinies grises, et à des Cirripèdes pédonculés analogues aux *Neolepas* de  $11^{\circ}-13^{\circ}\text{N}$ . Sur la plus grande partie de leur surface, les interstices entre les lobes de laves sont occupés par des bivalves, *Bathymodiolus* et *Calyptogena*, ces derniers étant le plus souvent morts. Par endroit, les Actinies font place à des serpules. La faune mobile est constituée de crabes, de galathées blanches semblables à *Munidopsis*, et de nombreux poissons Zoarcidae bruns. Ces poissons forment, à la sortie des fluides hydrothermaux, des concentrations de plusieurs centaines d'individus comme il a été observé à  $17^{\circ}24, 93'S$ .

Les sites « Le Chat », haut de 3 m, et « Rehu », haut de 6 m, avec des cheminées actives et inactives à leur sommet et des fumeurs clairs, diffusent sur toute leur surface. Ils sont

couverts d'animaux semblables à ceux des sites  $11^{\circ}-13^{\circ}\text{N}$ , mais répartis différemment. Les *Bathymodiolus* atteignent le sommet des cheminées. Le Vestimentifère *Riftia* est présent sur les deux sites ; peu abondant sur « Le Chat », il forme des buissons de  $2 \times 2$  m à mi-hauteur de « Rehu ». Les tubes de *Riftia* vides sont nombreux autour des deux sites, ainsi que de très jeunes individus bien vivants sur les cheminées. Entre les tubes de *Riftia*, se développe un autre Vestimentifère qui ressemble à *Tevnia*, un ver de Jéricho. Les Polychètes Alvinellidae sont installés entre les Vestimentifères. Des crevettes blanches sont peu nombreuses, contrairement aux crabes et aux poissons Zoarcidae.

Un autre type de site, celui de « Gwen Meur », haut de 3 m, et des « Grands Bancs », haut de 10 m, est constitué de grandes cheminées de sulfures diffusant un fluide clair par toute leur surface, et de fumeurs noirs latéraux. Ils apparaissent blancs, car d'importantes colonies de Polychètes Alvinellidae sont installées à leur surface. Les crabes et les Zoarcidae sont nombreux. Situé juste à côté de « Rehu », le site « Marka », sans animaux, haut de 6 m, présente deux fumeurs noirs, à mi-hauteur (fluide à  $318^{\circ}\text{C}$ ), et de hautes cheminées très grêles, dont les sommets se terminent par des diffuseurs en forme de ruches (fluide à  $300^{\circ}\text{C}$ ), du même type que ceux du site « Snake Pit » sur la dorsale médio-atlantique (Fouquet et al., 1993).

A 2 km au Sud de ce groupe d'édifices, deux sites hydrothermaux actifs sont dépourvus de champs d'Actinies. Sur le site « Tanios » qui couvre une centaine de mètres carrés, le fluide ( $33^{\circ}\text{C}$ ) diffuse entre les laves dont les replis sont envahis de voiles bactériens jaunâtres ; les anémones roses et blanches, les crabes et les nombreux Zoarcidae composent la faune associée à ce site. Le site « Nadir » associé à une diffusion d'un fluide incolore, qui sourd entre les laves, un fumeur noir (fluide à  $340^{\circ}\text{C}$ ) ; il est peu colonisé par les animaux mais son approche est signalée par des serpules, et quelques anémones bordent l'orifice du fumeur noir.

Enfin, des piliers de lave du lac, occupant l'axe du graben, diffuse activement un fluide hydrothermal incolore dont la température

**Figure 2 A** Zone  $17^{\circ}25'S$ . Blocs de lave recouverts de tubes de vers Serpulidés, au voisinage du site actif Rehu-Marka.

Zone  $17^{\circ}25'S$ . Lava blocks covered with serpulid worms, close to Rehu-Marka site.

**Figure 2 B** Zone  $17^{\circ}25'S$ . Champ d'anémones entourant le site Rehu-Marka. La densité est d'environ 300 anémones par mètre carré.

Zone  $17^{\circ}25'S$ . Anemoney field around the Rehu-Marka site. The density is about 300 anemonies per square metre.

**Figure 2 C** Zone  $17^{\circ}25'S$ . Colonies de bivalves *Calyptogena* entre les lobes de lave (site Rehu-Marka).

Zone  $17^{\circ}25'S$ . *Calyptogena* colonies installed between the lava lobes (Rehu-Marka site).

**Figure 2 D** Zone  $17^{\circ}25'S$ . Champ d'anémones et colonies de bivalves *Bathymodiolus* (site Rehu-marka).

Zone  $17^{\circ}25'S$ . Anemoney field and *Bathymodiolus* colonies (Rehu-Marka site).

**Figure 2 E** Zone Hump. Crabes sur une cheminée active à la surface de laquelle diffuse une eau moirée.

Hump zone. Crabs on an active shimmering water vent.

**Figure 2 F** Zone  $17^{\circ}25'S$ . Colonie de vers de Jéricho et crabes sur le flanc d'un pilier de lave émettant un fluide moiré.

Zone  $17^{\circ}25'S$ . Colony of Jericho worms and crabs on the flank of a basaltic pillar expelling shimmering fluid.

**Figure 2 G** Filaments blancs recouvrant des laves très fraîches (probablement des Enteropneustes).

White filaments fixed on extremely young lava (probably Enteropneusts).

**Figure 2 H** Zone  $17^{\circ}25'S$ . Cheminée fossile couverte de Serpulidés.

Zone  $17^{\circ}25'S$ . Fossil chimney covered with serpulid worms.

s'élève à 60 °C. A la sortie de ce fluide, seuls se présentent des enduits et voiles bactériens jaunes et blancs; sur certains piliers, des colonies de petits vers de Jéricho se sont également développées à l'exclusion de toute autre faune fixée. D'importantes populations de crabes ont été observées en train de se nourrir de ces vers, eux-mêmes étant la proie des Zoarcidae.

La zone centrale Hump (la « Bosse ») entre 18°22' et 18°37'S, présente une morphologie complexe avec un graben médian (Auzende *et al.*, 1994). Son activité tectonique et magmatique est importante. L'activité hydrothermale est exclusivement concentrée sur le bord oriental du graben, constituant un alignement de grands édifices de sulfures actifs ou fossiles. Ces sites (« Fromveur », « Le Stiff ») rassemblent de nombreuses cheminées, rouges, orangées et blanches, de hauteurs variables (atteignant plus de 10 m), inactives et actives. Des fluides noirs (températures supérieures à 300 °C) sont émis par les cheminées, et un fluide incolore diffuse sur toute leur surface. La faune associée à ces fumeurs est réduite; elle est dominée par les Alvinellidae sur les fumeurs actifs, et par les espèces vagiles: quelques crevettes et *Munidopsis*, de nombreux crabes (présents partout jusqu'au niveau des orifices d'où sortent les fluides) et des poissons (Zoarcidae en particulier, Apodes...). Des serpules occupent les blocs de lave voisins des sites.

L'activité hydrothermale dans « Hump » se traduit aussi par de grandes zones de diffusion de morphologie variable. Le site « Azyoulaïk » blanc, dépourvu de cheminée, s'étend sur quelques dizaines de mètres carrés; le fluide diffuse entre les laves. La vie y est limitée aux crabes et aux poissons. Le site « Animal Farm » (à 18°36,5'S) rappelle, malgré l'absence de cheminées, ceux de la zone « Rehu-Marka » avec de vastes champs de serpules, d'anémones et de Cirripèdes pédonculés, des colonies de Bivalves (dont beaucoup de coquilles vides) entre les lobes de laves au niveau de la sortie du fluide incolore à 20,7 °C; des *Tevnia* occupent les surplombs; les Gastéropodes, les crabes et les poissons (Zoarcidae, Ophioidei...) y sont nombreux (figure 2: E). Une fissure d'une dizaine de

mètres de large, dont le fond est occupé par des *Calyptogena*, traverse le site.

En dehors de la proximité immédiate de ces sites, tout le long de l'axe de la dorsale, sauf au Sud de 18°37'S et sur les « seamounts » recouverts de sédiments pélagiques, la vie est présente et se manifeste notamment par la présence de nombreux crabes et poissons (Zoarcidae, Apodes, Macrouridae, *Bathysaurus*, Ophioidei...), et poulpes (« poulpes à oreille », Cirrotheutidae), et sur la lave, de Spongiaires (en particulier *Caulophacus* et *Chondrocladia gigantea*), d'Actinies, d'Hydraires, d'Echinodermes (nombreux Crinoïdes pédonculés ou non, en particulier sur les piliers, quelques Astérides), de crevettes (peu nombreuses)... De longs filaments blancs agglomérés, à l'aspect de chaînettes (sans doute des Enteropneustes) (figure 2: G), pouvant s'enrouler en « pelotes », et évoquant des « spaghettis » géants, recouvrent souvent les laves les plus récentes au voisinage des zones actives.

## DISCUSSION ET CONCLUSION

Les zones de laves les plus récentes et d'activité hydrothermale la plus vigoureuse sont également les plus riches en espèces et en nombre d'individus par espèce (seule la mégafaune est envisagée ici); l'importante activité hydrothermale peut expliquer cette richesse biologique. Ainsi, dans la zone « Hump », la vie est très réduite hors des zones actives, alors que plus au Nord (autour de 17°25' et 17°10'S), non seulement les zones actives recouvrent de vastes surfaces avec une biomasse importante (Actinies, Bivalves, poissons), mais les zones hors sites sont peuplées en permanence de poissons, crabes et d'animaux fixés (Actinies...). Par endroit (zone 17°10'S), des épisodes magmatiques récents ont détruit les sites plus ou moins totalement.

Les immenses champs d'anémones, de Cirripèdes, de serpules couvrant des centaines de mètres carrés, ainsi que leurs colonies de Bivalves sont à une toute autre échelle que les colonies de Bivalves des dorsales des Galapagos (Grassle, 1986), du bassin Nord-fidjien (Auzende *et al.*, 1992) et des sites

11°-13°N. *Calyptogena* est un des genres les plus caractéristiques de l'hydrothermalisme sous-marin (Grassle, 1986), des suintements froids (Laubier *et al.*, 1986) et des suintements à hydrocarbures (Kennicutt *et al.*, 1985); *Bathymodiolus* également (Grassle, 1986; MacDonald *et al.*, 1989).

Dans le Nord de la zone étudiée, on retrouve des communautés animales qui, sans leur être identiques, sont comparables à celles qui ont été observées à 11°-13°N, à 21°N et sur la dorsale des Galapagos (Desbruyères *et al.*, 1982; Hessler et Smithey, 1984; Grassle, 1986), avec notamment deux espèces de crabes appartenant aux Bythograeiodea, une galathée, peut-être une espèce de *Munidopsis*, et surtout le Vestimentifère *Riftia* (cependant moins abondant qu'à 11°-13°N ou aux Galapagos, mais dont les tubes atteignent 2 m, et les Bivalves *Bathymodiolus* et *Calyptogena*. Les Alvinellidae, associés aux fumeurs noirs et blancs, les serpules et les vers de Jéricho sont présents sur toute la zone étudiée. Le poisson

Zoarcidae n'est ni le *Thermarces cerberus* de la partie septentrionale de la dorsale (Cohen et Haedrich, 1983; Geistdoerfer, 1985, 1986, 1988; Rosenblatt et Cohen, 1986), ni celui de la dorsale médio-atlantique (Geistdoerfer, 1991 et 1994). Les vers de Jéricho sont les premiers colonisateurs des zones de diffusion des piliers de lave; en de nombreux autres emplacements, où jaillit entre les laves un fluide hydrothermal, ils se trouvent seuls, formant de petites colonies, souvent en surplomb, dispersées sur tous les emplacements hydrothermalement actifs, associés aux crabes et Zoarcidae.

Dans cette région de la dorsale Est Pacifique, les communautés animales associées à l'activité hydrothermale sont donc distinctes de celles qui étaient connues jusqu'ici et se présentent sous des formes variées.

(<sup>1</sup>) L'étude des échantillons biologiques récoltés durant la campagne « Naudur » est en cours, mais n'est pas suffisamment avancée pour que des noms d'espèces soient indiquées ici avec certitude.

AUZENDE, J. M., TANAHASHI, M., BENDEL, V., FUJIKURA, K., GEISTDOERFER, P., GRACIA-MONT, E., JOSHIMA, M., KISIMOTO, K., MITSUZAWA, K., MURAI, M., NOJIRI, Y., ONDREAS, H., PRATT, C. et RUELLAN, E., 1992. Résultats préliminaires des plongées du Shinkai 6500 sur la dorsale du Bassin Nord-Fidjien (SW Pacifique) - Programme STARMER, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 314, série II, p. 491-498.

AUZENDE, J. M., BALLU, V., BATIZA, R., BIDEAU, D., CORMIER, M. H., FOUQUET, Y., GEISTDOERFER, P., LAGABRIELLE, Y., SINTON, J. et SPADEA, P., 1994. Evidences d'activité magmatique, tectonique et hydrothermale actuelle sur la Dorsale Est Pacifique entre 17° et 19°S (campagne Naudur), *C.R. Acad. Sci. Paris*, 319, série II, p. 811-818.

CHILDRESS, J. J. et FISHER, C. R., 1992. The biology of hydrothermal vent animals: physiology, biochemistry, and autotrophic symbioses, *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.*, 30, p. 337-341.

COHEN, D. M. et HAEDRICH, R. L., 1983. The fish fauna of the Galapagos thermal vent region, *Deep Sea Res.*, 30, p. 371-379.

DESBRUYERES, D., CRASSOUS, P., GRASSLE, J., KHRIPOUNOFF, A., REYSS, D., RIO, M. et VAN PRAET, M., 1982. Données écologiques sur un

nouveau site actif de la ride du Pacifique oriental, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 295, série II, p. 489-494.

DEMETS, C., GORDON, R. G., ARGUS, D. F. et STEIN, S., 1990. Current plates motions, *Geophys. J. Int.*, 101, p. 425-478.

FOUQUET, Y., VON STACKELBERG, U. et shipboard scientific party, 1990. Hydrothermal activity in the Lau basin, first results from the Nautile cruise, *EOS*, 71, p. 678-679.

FOUQUET, Y., WAFIK, A., CAMBON, P., MEVEL, C., MEYER, G. et GENTE, P., 1993. Tectonic setting, mineralogical and geochemical zonation in the Snake Pit sulfide deposit (Mid-atlantic ridge at 23°N), *Economic Geology*, n° sp., seafloor hydrothermal mineralization (sous presse).

FOUQUET, Y., AUZENDE, J. M., BALLU, V., BATIZA, R., BIDEAU, D., CORMIER, M. H., GEISTDOERFER, P., LAGABRIELLE, Y., SINTON, J. et SPADEA, P., 1994. Hydrothermalisme et sulfures sur la dorsale du Pacifique est entre 17° et 19°S (campagne Naudur), *C.R. Acad. Sci. Paris*, série II, p. 1399-1406.

GEISTDOERFER, P., 1985. Systématique, écologie et distribution d'un Poisson Zoarcidae associé à des sites d'hydrothermalisme actif de la ride du Pacifique Oriental, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 301, série II, p. 365-368.

GEISTDOERFER, P., 1986. Nouvelles captures et redescription d'un poisson Zoarcidae (Pisces, Perciformes, Zoarcoidei) des sites hydrothermaux

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- de la ride du Pacifique oriental, *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 4<sup>e</sup> série, 8, (A4), p. 969-980.
- GEISTDOERFER, P., 1988. Les peuplements ichthyologiques liés aux sites hydrothermaux et vivant à leur périphérie, *Oceanol. Acta*, Vol. spec. 8, Actes du colloque Hydrothermalisme, Biologie et Ecologie, Paris 4-7 novembre 1985, p. 125-130.
- GEISTDOERFER, P., 1991. Ichthyofaune associée à l'hydrothermalisme océanique et description de *Thermobiotus mytilogeiton*, nouveau genre nouvelle espèce de Synphobranchidae (Pisces, Anguilliformes) de l'Océan Pacifique, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 312, série II, p. 91-97.
- GEISTDOERFER, P., 1994. *Pachycara thermophilum*, une nouvelle espèce de poisson Zoarcidae des sites hydrothermaux de la dorsale médio-atlantique, *Cybium*, 18, (2), p. 109-115.
- GEISTDOERFER, P. et AUZENDE, J. M., 1992. Une dorsale jeune et active : nouvelles plongées sur la dorsale Nord-fidjienne, *Pour la Science*, 172, p. 25-26.
- GRASSLE, J. F., 1986. The Ecology of Deep-Sea Hydrothermal Vent Communities, *Adv. Mar. Biol.*, 23, p. 301-365.
- GRASSLE, J. F., HUMPHRIS, S. E., RONA, P. A., THOMPSON, G. et VAN DOVER, C. L., 1986. Animals at Mid-Atlantic Ridge Hydrothermal Vents, *EOS*, 67.
- HESSLER, R. R. et SMITHEY, W. M. Jr., 1984. The distribution and community structure of megafauna at the Galapagos Rift hydrothermal vents, *Hydrothermal processes at seafloor spreading centers*. RONA, P. A., BOSTROM, K., LAUBIER, L. et SMITH, K. L. Jr., éd., Plenum Publ. Corp., p. 735-770.
- KENNICUTT, M. C., II, BROOKS, J. M., BIDIGARE, R. R., FAY, R. R., WADE, T. L. et McDONALD, T. J., 1985. Vent-type taxa in hydrocarbon seep region on the Louisiana slope, *Nature*, 317, p. 351-353.
- LAUBIER, L. et DESBRUYERES, D., 1984. Les oasis du fond des océans. *La Recherche*, 15, p. 1506-1517.
- LAUBIER, L., OTHA, S. et SIBUET, M., 1986. Découverte de communautés animales profondes durant la campagne franco-japonaise KAIKO de plongées dans les fosses de subduction autour du Japon, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 303, série III, p. 25-29.
- MACDONALD, I. R., BOLAND, G. S., BAKER, J. S., BROOKS, J. M., KENNICUTT, M. C. II et BIDIGARE, R. R., 1989. Gulf of Mexico hydrocarbon seep communities. II Spatial distribution of seep organisms and hydrocarbons at Bush Hill., *Marine Biology*, 101, p. 235-247.
- NAAR, D. F. et HEY, R. N., 1989. Recent Pacific-Easter-Nazca plate motions, *Evolution of Mid-Ocean Ridges, IUGC geophysical monograph.*, SINTON, J. M., éd., p. 9-30.
- PAULL, C. K., HECKER, B., COMMEAU, R., FREEMAN-LYNDE, R. P., NEUMANN, W. P., CORSO, S., GOLUBIC, S., HOOK, J. E., SIKES, E. et CURRAY, J., 1984. Biological communities at the Florida Escarpment resemble hydrothermal vent taxa, *Science*, 226, p. 965-967.
- PERRAM, L. J., CORMIER, M. H. et MACDONALD, K. C., (sous presse). Magnetic and tectonic studies of the dueling propagating spreading centers at 20°40'S on the East Pacific Rise: Evidence for crustal rotations, *J. Geophys. Res.* (sous presse).
- RENARD, V., HEKINIAN, R., FRANCHETEAU, J., BALLARD, R. D. et BÄCKER, H., 1988. Submersible observations at the axis of the ultra-fast-spreading East Pacific Rise (17°30' to 21°30'S), *Earth Planet. Sci. Lett.*, 75, p. 339-353.
- RONA, P. A., KLINKHAMMER, G., NELSEN, T. A., TREFRY, J. H. et ELDERFIELD, H., 1986. Black smokers, massive sulfides and vent biota at the mid-atlantic ridge, *Nature*, 321, p. 33-37.
- ROSENBLATT, R. H. et COHEN, D. M., 1986. Fishes living in deep sea thermal vents in the tropical eastern Pacific with description of a new genus and two new species of eelspouts (Zoarcidae), *Trans. S. Diego Soc. nat. Hist.*, 21, p. 71-79.
- SEGONZAC, M., 1992. Les peuplements associés à l'hydrothermalisme océanique du Snake Pit (dorsale médio-atlantique ; 23°N, 3 480 m) : composition et microdistribution de la mégafaune, *C.R. Acad. Sci. Paris*, 314, série III, p. 593-600.
- SOUTHWARD, E. C., 1985. Vent communities in the Atlantic too, *Nature*, 317, p. 673.
- TUNNICLIFFE, V., 1988. Biogeography and evolution of hydrothermal-vent fauna in the eastern Pacific Ocean, *Proc. R. Soc. Lond.*, B 233, p. 347-366.