

Océanographie Biologique. — Découverte de communautés animales profondes durant la campagne franco-japonaise KAIKO de plongées dans les fosses de subduction autour du Japon. Note de Lucien Laubier, Suguru Ohta et Myriam Sibuet, présentée par Lucien Laubier, Correspondant de l'Académie.

Au cours de vingt-sept plongées du submersible *Nautille* pendant l'été 1985 dans les fosses de subduction autour du Japon (fosses de Nankai, du Japon et des Kouriles), des communautés benthiques animales caractérisées par la prédominance de grands bivalves du genre *Calyptogena* (famille des Vesicomidae) ont été découvertes dans des sédiments abyssaux. Les communautés observées entre 3800 et 4020 m dans le canyon de Tenryu situé sur le prisme d'accrétion sédimentaire de la fosse de Nankai et au pied de la ride de Zenisu, sont dominées par deux espèces distinctes de *Calyptogena* nouvelles pour la science. Des communautés souvent représentées par des colonies dispersées occupant des surfaces plus variables, caractérisées par une troisième espèce de *Calyptogena* également nouvelle, ont été observées plus profondément entre 5130 et 5960 m sur les pentes internes des fosses du Japon et des Kouriles. L'analyse des photographies prises par le *Nautille* permet de préciser l'importance de la biomasse brute de ces communautés, qui varie entre 16 et 51 kg/m² (poids frais coquilles comprises). Plusieurs observations et la comparaison avec d'autres communautés animales profondes découvertes récemment indiquent que ces colonies de bivalves dépendent en majeure partie de phénomènes chimiosynthétiques eux-mêmes liés aux suintements d'eau interstitielle expulsée des sédiments profonds par la subduction. Le méthane, présent dans l'eau de mer qui baigne ces colonies, est vraisemblablement à l'origine de la chimiosynthèse. Jusqu'à présent, on ne connaissait pas de communautés chimiosynthétiques au-delà d'environ 3000 m.

BIOLOGICAL OCEANOGRAPHY. — Discovery of deep animal communities during the french-japanese project KAIKO in the subduction trenches around Japan.

Twenty seven dives of the submersible *Nautille* in the subduction zones around Japan conducted during Summer 1985 in the French-Japanese Project KAIKO proved that fairly luxuriant benthic animal communities dominated by deep-sea giant clams belonging to the genus *Calyptogena* (family Vesicomidae) were consistently present at abyssal depths, from 3,800 to 5,960 m ([1], [2]). According to the bathymetric range and the geographic locations, two different types of clam colonies have been discovered:

— The first type extends from 3,800 to 4,020 m in the mouth of Tenryu canyon on the accretionary prism and at the top of basement swell of Zenisu ridge, both located in the eastern Nankai subduction zone. The bivalve colonies are composed of two different undescribed species of *Calyptogena*, often associated with several species of invertebrates and different types of animal tracks at the sediment surface. Recurrent dives on the same colony separated by four days enable to demonstrate that *Calyptogena* spp. are able to move around on several decimeters keeping their vertical position within the sediment with the hinged apex of the shell as leading edge.

— The second type extends from 5,130 to 5,960 m in the landward wall of the Japan trench, the axis of the Japan trench West of Kashima seamount and the landward wall of western Kurile trench. This community is dominated by a third undescribed species of *Calyptogena* of peculiar slender shape frequently associated with several other invertebrate species which vary according to depth and sites. This type of colony has a less continuous distribution and a greater variability in colony size than the first type.

The crude biomass (total wet weight including the shell) is extremely high for such depths, ranging from 16 kg/m² (Tenryu canyon and Zenisu ridge) to 24-42 kg/m² (near Kashima seamount) and even 51 kg/m² (Japan trench), for *Calyptogena* only. Such high biomasses combined with the occurrence of haemoglobin in all three *Calyptogena* species and the situation of the colonies in the geological framework clearly suggest that these communities are sustained by chemosynthetic processes rather than photosynthetic organic sources. Similar communities have been recently described at shallower depths on the accretionary prism of the Oregon subduction zone [3] and a model of chemosynthetic energy source derived from pore water methane has been proposed [4]. Geochemical analyses performed on water samples from Japan and Kurile trenches communities demonstrate the occurrence of seepage of pore water containing thermogenic methane [5]. Although some work remains to be done, the distribution, disposition and densities of the Japanese bivalve colonies can only be explained in the general context of chemosynthetic mechanisms using methane dissolved in pore water squeezed from the sediments as a chemical source of energy. These communities are to date the deepest record of benthic life associated with chemosynthetic processes.

Au cours de la deuxième phase du projet franco-japonais KAIKO d'étude des phénomènes de subduction le long de la côte Pacifique du Japon [6], 27 plongées du submersible *Nautille* ont été effectuées pendant l'été 1985. Neuf d'entre elles ont permis de découvrir dans trois zones géographiques distinctes des communautés benthiques animales dominées par trois espèces nouvelles de bivalves appartenant au genre *Calyptogena* (famille des Vesicomidae), occupant des surfaces réduites et caractérisées par une biomasse très élevée (le tableau fournit les coordonnées et les profondeurs des sept plongées analysées).

TABLEAU

Liste des plongées où des colonies de *Calyptogena* spp. ont été observées sur les photographies.

List of dives where colonies of *Calyptogena* spp. have been observed on the pictures.

| Plongée | Zone géographique | Plongeur | Date | Durée | Nombre de clichés | Profondeurs début et fin de plongée | Profondeurs où <i>Calyptogena</i> a été observé |
|---------|---|-------------|----------|----------------------------|-------------------|-------------------------------------|---|
| KD 3 | Fossé de Nankai, canyon de Tenryu 33°37,2'N; 137°31,6'E | C. Rangin | 6/06/85 | 12 h 01'15" 17 h 47'38" | 468 | 3 855-3 654 m | 3 787-3 835 m |
| KD 5 | Fossé de Nankai, canyon de Tenryu 33°36,9'N; 137°32,0'E | A. Taira | 10/06/85 | 13 h 23'59" 17 h 45'30" | 222 | 3 765-3 832 m | 3 830 m |
| KD 6 | Ride de Zenisu 33°15',8'N; 137°23,0'E | J. Charvet | 11/06/85 | 15 h 11'07" 18 h 18'46" | 207 | 4 216-4 026 m | 4 021 m |
| KD 14 | Fosse du Japon, Mont Kashima 35°54,2'N; 142°30,7'E | K. Fujioka | 22/07/85 | 13 h 47'14" 18 h 06'44" | 516 | 5 890-5 635 m | 5 640-5 695 m |
| KD 18 | Fosse du Japon, pente interne 40°06,3'N; 144°10,6'E | J. P. Cadet | 31/07/85 | 13 h 24'32" 17 h 34'07" | 424 | 5 938-5 652 m | 5 653-5 960 m |
| KD 21 | Fosse des Kourilles, pente interne 41°18,5'N; 144°48,3'E | J. Aubouin | 3/08/85 | 12 h 49'18" 17 h 12'01" | 231 | 5 785-4 981 m | 5 131-5 785 m |
| KD 23 | Fosse du Japon, pente interne 40°06,5'N; 144°10,0'E | N. Niitsuma | 5/08/85 | 13 h 02'36" 16 h 56'05" | 300 | 5 679-5 225 m | 5 479-5 660 m |

MÉTHODES. — Cette étude préliminaire a été réalisée à partir de l'examen des photographies prises durant les plongées par deux appareils photographiques sous-marins (caméras Benthos modèle 372) montés obliquement à l'avant du sous-marin *Nautilus*. Les photographies ont été analysées par projections. L'observation des enregistrements de vidéo en couleurs a permis de compléter l'interprétation. Les dimensions des communautés animales et les densités de bivalves ont été estimées à partir des dimensions moyennes et du nombre total de bivalves prélevés dans un carottier de 250 cm² de section manié par un bras télémanipulateur du submersible. Les identifications de la faune associée aux colonies de bivalves et non prélevée ont été possibles grâce aux informations réunies par l'Ocean Research Institute de l'Université de Tokyo sur la faune de la fosse du Japon et du fossé de Nankai.

RÉSULTATS. — Canyon de Tenryu et ride de Zenisu :

Le canyon de Tenryu est une profonde vallée sous-marine entaillant le prisme sédimentaire accumulé le long de la fosse de Nankai à la limite de la plaque eurasiennne au cours de la subduction de la plaque Philippines. La ride de Zenisu est un fragment de croûte océanique rejeté vers le haut à la suite d'une phase de compression intraocéanique [7]. Les premières colonies de bivalves ont été découvertes par 3 830 m environ, au cours des plongées KD 3 et KD 5, sur la ligne de contact entre le canyon de Tenryu et le prisme d'accrétion de Nankai. Elles sont composées de deux espèces de *Calyptogena*, accompagnées à la périphérie de polychètes serpulides, d'actinies et, encore au-delà, de gastéropodes buccinidés, d'une espèce de *Munidopsis* et d'une holothurie synallactide dont les individus portent tous de deux à six petites actinies. Les colonies de *Calyptogena* se distinguent par leur forme ovale ou circulaire de petite dimension et leur répartition relativement alignée sur quelques dizaines de mètres. D'après l'étude d'une colonie d'un diamètre de 60 cm et d'une surface de 0,3 m², la densité des bivalves de taille moyenne

(7 cm de longueur) peut atteindre 2 000 individus au mètre carré soit une biomasse fraîche de 16 kg/m². Les bivalves sont enterrés en position verticale aux quatre cinquièmes, la partie postérieure seule est visible hors du sédiment. Les tissus des deux espèces de *Calyptogena* contiennent une grande quantité d'hémoglobine : des individus accidentellement brisés pendant le prélèvement libèrent des nuages de sang rouge vif. Des mesures de température à l'intérieur des colonies ont révélé une légère anomalie positive de 0,2 à 0,6°C par rapport à la température ambiante de 1,2°C. Alors que les sédiments de surface avoisinants sont très fins et de teinte brun verdâtre, le sédiment des colonies est remanié, noirâtre et plus grossier, depuis la surface jusqu'à une quinzaine de centimètres de profondeur (profil obtenu dans les carottiers). Des coquilles mortes de *Calyptogena* sont réparties autour des colonies vivantes. A intervalle de quatre jours, la même colonie a été observée à deux reprises : certaines *Calyptogena*, surtout en périphérie des colonies, sont capables de se déplacer pendant ce court laps de temps de plusieurs dizaines de centimètres, tout en conservant leur position verticale.

La plongée KD 6 a exploré une ride sédimentaire de 200 m environ d'élévation au-dessus des fonds voisins au Sud de la ride de Zenisu, par 4 026 m. Quelques colonies de *Calyptogena* ont été observées dans la partie Nord de la zone explorée; plus petites que les précédentes, elles comptent environ une vingtaine de bivalves par colonie, appartenant apparemment à une des deux espèces présentes dans le canyon de Tenryu (pas de prélèvement au cours de KD 6).

Fosse du Japon et fosse des Kouriles :

Dans cette région, les communautés animales sont dominées par une troisième espèce de *Calyptogena* différant des deux formes précédentes et de la plupart des espèces du genre par une forme générale longue et plus étroite. Des colonies de cette espèce ont été vues au cours de quatre plongées : KD 14 à l'axe de la fosse du Japon, sur le mont sous-marin Kashima, KD 18 et KD 23, sur le flanc continental de la fosse du Japon, plus au Nord, enfin KD 21 sur le flanc continental Nord de la fosse des Kouriles (tableau). La colonie observée pendant la plongée KD 14 occupe une zone de 2 × 0,5 m environ, avec un noyau particulièrement dense de près de 100 individus sur une surface de 1,3 × 0,2 m. La densité des bivalves atteint 400 à 700 individus au mètre carré et la biomasse 24 à 42 kg/m². Quelques gastéropodes buccinidés et de très nombreux amphipodes caprellidés de 5 cm de longueur vivent auprès de la colonie. Plusieurs espèces d'holothuries élasipodes sont distribuées en agrégats exceptionnellement denses, notamment une espèce d'elpidiidé nageuse (*Peniagone elongata*?) représentée par 50 individus sur une surface de 3 m² à proximité de la colonie. Les mesures de température au sein de ces colonies révèlent une anomalie positive de 0,3°C par rapport à la température ambiante.

Les plongées KD 18 et KD 23 ont exploré une zone en pente abrupte caractérisée par l'existence de courants de fond Sud-Ouest Nord-Est (formes de relief, abondance des suspensivores). Les colonies de bivalves rencontrées au cours de ces deux plongées sont très dispersées et généralement de petite taille. Une seule colonie d'assez grande taille occupe un ovale de 0,7 × 0,45 m par 5 900 m de profondeur et contient plus de 190 *Calyptogena* vivantes. La densité correspondante est de 1 500 individus au mètre carré et la biomasse de 51 kg/m². Autour de cette colonie, on rencontre des buccinidés, de petites actinies blanchâtres et des polychètes tubicoles (terebellidés?). Les colonies contiennent en moyenne moins de 10 *Calyptogena*. Un individu a été observé en train de se déplacer à la surface du sédiment : l'animal repose horizontalement sur le fond, la charnière vers le haut et une trace d'un mètre de long est encore visible derrière lui.

La plongée KD 21, sur le flanc continental de la fosse des Kouriles, a rencontré de nombreuses petites colonies probablement de la même espèce entre 5 130 et 5 770 m. Les mesures de température ont révélé une très faible anomalie positive de quelques centièmes de degré. Aux bivalves sont associés des buccinidés et des polychètes tubicoles dans une des colonies observées.

DISCUSSION. — Les communautés de bivalves de deux types découvertes dans le système de fosses de subduction du Japon entre 3 787 et 5 960 m rappellent fortement les communautés animales décrites précédemment à proximité de sources hydrothermales chaudes sur fond de sédiment [8] et surtout celles observées auprès de sources froides minéralisées au pied de l'escarpement de Floride [9] et le long de la zone de subduction de l'Oregon ([3], [4]), ainsi que les colonies de *Calyptogena soyoae* observés à des profondeurs bathyales en baie de Sagami [10]. Les communautés découvertes durant KAIKO présentent néanmoins des spécificités : seuls des bivalves de grande taille du genre *Calyptogena* sont les espèces caractéristiques de peuplements animaux reposant sur la chimiosynthèse bactérienne; les bivalves appartenant à trois espèces distinctes ne sont pas répartis sur de grandes surfaces mais forment une série de petites colonies de diamètre maximal de 2 m; les trois espèces de *Calyptogena*, dont deux sont présentes dans les colonies de la fosse de Nankai (3 830 m), forment l'essentiel de la biomasse des colonies (en particulier il ne semble pas exister dans les fosses de subduction du Japon de vestimentifères alors qu'on en a trouvé dans tous les autres cas); il existe de nombreuses espèces accompagnatrices, différentes selon la profondeur et le site, qui tirent probablement parti de cette source de nourriture abondante mais ponctuelle.

La biomasse très élevée de ces colonies de *Calyptogena* spp., par rapport aux valeurs rencontrées habituellement à de telles profondeurs dans l'océan mondial et même dans ce secteur proche du Japon considéré comme l'un des plus riches du monde en raison du système de courants opposés favorisant le flux de particules au fond ([11], [12]) suggère que ces communautés tirent leur énergie de processus photosynthétiques. La situation topographique des colonies, disposées plus ou moins parallèlement aux structures géologiques ou le long de zones de failles et de flexures, les anomalies positives de la température au sein des colonies, permettent de conclure que les bivalves s'installent aux points de sortie de l'eau interstitielle expulsée des sédiments profonds sous l'effet des forces de subduction. Les mesures géochimiques pratiquées dans l'eau prélevée au-dessus des colonies ont révélé la présence dans l'eau de méthane d'origine thermogène [5]. La présence de quantités importantes d'hémoglobine dans le sang des trois espèces témoigne d'une demande en oxygène supérieure à la moyenne. La comparaison avec les données publiées sur les communautés de l'escarpement de Floride et celles de la zone de subduction de l'Oregon conduit à la conclusion que le méthane constitue la source d'énergie des communautés de bivalves des fosses de subduction du Japon, source d'énergie libérée et utilisée par des bactéries chimiosynthétiques vivant à l'intérieur des cellules des bivalves [5]. Jusqu'à présent, seuls les pogonophores, avec une espèce du genre *Siboglinum* étaient connus pour renfermer des bactéries symbiotes capables de fixer le $^{14}\text{CH}_4$ [13]. Cette hypothèse demande évidemment à être confirmée en démontrant expérimentalement le mode d'utilisation du méthane et la source de carbone.

L'existence de communautés de bivalves chimiosynthétiques dans des sites limités et très variés, jusqu'à une profondeur de près de 6 000 m, conduit enfin à s'interroger sur le rôle de ces communautés vis-à-vis de l'écosystème profond en général et sur les modalités

d'une éventuelle exportation de la matière organique d'origine chimiosynthétique concentrée dans ces colonies hautement productives.

Reçue le 7 avril 1986.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] D. SWINBANKS, *Nature*, 315, 1985, p. 624.
- [2] D. SWINBANKS, *Nature*, 316, 1985, p. 475.
- [3] E. SUESS et coll., *Bull. Biol. Soc. Washington*, 6, 1985, p. 475-484.
- [4] L. D. KULM et coll., *Science*, 231, 1986, p. 561-566.
- [5] J. BOULEGUE, comm. pers.
- [6] J.-P. CADET et coll., *Comptes rendus*, 301, série II, 1985, p. 287-296.
- [7] X. LE PICHON et coll., *Earth Planet. Sc. Letters* (sous presse).
- [8] F. GRASSLE, *Marine Technol. Soc. Journal*, 16, (3), 1982, p. 33-38.
- [9] C. K. PAUL et coll., *Science*, 226, 1984, p. 965-967.
- [10] T. OKUTANI et K. EGAWA, *Venus (Japn. J. Malacol.)*, 44, (4), 1985, p. 285-289.
- [11] T. WOLFF, *Nature*, 267, 1977, p. 780-785.
- [12] J.-M. PERES, *Bull. Inst. Océanogr., Monaco*, 1134, 1959, p. 1-28.
- [13] J.-J. FLÜGEL et R. SCHMALJOHANN, *Sarsia* (sous presse).

L. L. : IFREMER, 66 avenue d'Iéna, 75116 Paris;

S. O. : Ocean Research Institute, University of Tokyo,
Minamidai 1-15-1, Nakanoku, Tokyo 164, Japon;

M. S. : IFREMER, Centre de Brest,
B. P. n° 337, 29273 Brest Cedex.