

LE BATHYSCAPHE FRANÇAIS ARCHIMÈDE AUX AÇORES: ÉTUDE BIONOMIQUE ET ECOLOGIQUE DU BENTHOS PROFOND

J. M. Pérès

Membre de l'Institut

Station Marine d'Endoume. Centre d'Océanologie de Marseille
Rue de la Batterie des Lions, 13007 Marseille

ABSTRACT- The deep-sea benthos of the large Atlantic area including the São Miguel island (Azores) and Madeira archipelago, investigated from 1885 to 1920 by Prince Albert I of Monaco was also studied from a bioecological point of view, during 16 dives performed by the French bathyscaphe *Archimède*: (i) near Madeira (4 dives in 1966); (ii) around São Miguel island (12 dives in 1969) from 400 to 4160 m. The goal of those explorations, mainly visual and photographic, in a well-definite site concerns: (i) the pelagic assemblages observed during the very long and slow descent; (ii) at the bottom, the structure and distribution of macrobenthic assemblages taking into account their geomorphological features and the epi- and endofauna. In this bathyal zone - corresponding to the continental slope - the distribution of hard or soft substrates and the surrounding fauna depends on the general morphology - including local accidents from volcanic origin and on the energy available in the near-bottom waters, i.e. of their content in organic matter (living, dead and particulate), which is distributed among the assemblages according to the submarine topography and prevailing currents. In the Azores sites, it seems that the first horizon of the bathyal zone usually corresponds to depths from 300-350 to 800-1000 m, according to the slope gradient where the most characteristic assemblages are those of Echinoturid and Cidarid populations, alternating with Brachiopod banks; in places where heavy lava flows largely prevail the fauna becomes scarce. In the second horizon from 1800 to 2400 m appear the first large-sized deep-sea Holothurioids, the genus *Euphronides*, whereas the Ophiuroids (of g. *Ophiomusium* are rather common and the crinoid *Rhizocrinus* can be observed; the big Pennatulid *Pennatula aculeata* appears to be the most characteristic species of this third horizon. In the Azores sites as well as in those of Madeira, only two bathyscaphe dives occurred into the abyssal

zone; the genera *Mesothuria*, *Ophiomusium* and *Rhizocrinus* persist here, while some crawling Decapods appear which suggests a change in the trophic network.

En commençant cette modeste contribution aux cérémonies qui marquent le centenaire de la première campagne scientifique du Prince Albert I^{er} aux Açores, je suis très conscient que ce que je pourrai dire est bien mince par rapport à la somme des connaissances qui a été accumulée depuis sa première visite dans cet archipel en 1885 et jusqu'en 1914, et ce, essentiellement grâce aux campagnes successives qu'il y a méthodiquement organisées, animées et dirigées, en faisant, du même coup, une des aires les mieux connues de l'océan mondial.

Certes, le Prince Albert I^{er} de Monaco a conduit aussi des recherches scientifiques tant en Méditerranée que dans l'Atlantique boréo-arctique, ainsi qu'en Mer des Sargasses. Mais, quand on a la curiosité de jeter un coup d'oeil sur les cartes bathymétriques qui étaient en usage vers 1875, on peut parler d'une sorte de préscience de sa part quand il choisit le large quadrilatère océanique où il décida de développer l'essentiel de ses recherches océanographiques.

En effet, où pouvait-il mieux le faire que dans cette portion de l'Atlantique tempéré qui s'étend des côtes de la péninsule ibérique jusqu'à celles du nord-ouest de l'Afrique, où le relief sous-marin est des plus tourmentés. On y trouve en même temps un archipel volcanique, celui des Açores, directement lié à la dorsale médio-atlantique et deux autres ensembles insulaires correspondant à des "rides": celui de Madère et Porto-Santo et celui des Iles Canaries.

Le méditerranéen qu'était le Prince Albert I^{er} ne pouvait non plus être indifférent aux bouleversements qui se produisirent à la fin du Miocène, dans l'extrémité orientale du quadrilatère océanique auquel il avait décidé de s'intéresser lorsque la grande régression messinienne coupa provisoirement le dernier lambeau de la Téthys de toute la communication avec l'Atlantique voisin, faisant de la Méditerranée une mer intérieure, en voie de dessèchement. Le réchauffement qui suivit le maximum de la première des quatre périodes glaciaires fût à l'origine du début de repeuplement de la Méditerranée actuelle, par le "nouveau" détroit de

Gibraltar, grâce à des apports de flores et faunes atlantiques, tantôt boréales, tantôt tempérées, et parfois même de caractère sub-tropical, en fonction des variations climatiques de longue période (Pérès, 1986), thème sur lequel le Prince Albert I^{er} avait certainement réfléchi en comparant les résultats des campagnes qu'il avait organisées, d'une part dans le golfe ibéro-marocain, et, d'autre part, en Mer d'Alboran.

Il semble que l'idée maîtresse qui guidait le Prince Albert I^{er} était de parvenir à une connaissance approfondie des peuplements benthiques profonds - encore qu'il n'ait pas négligé le pélagos - de cette province biogéographique dite "atlanto-méditerranéenne" où vit une flore et une faune "tempérée chaude". On peut en trouver une confirmation dans le fait qu'il poussa ses investigations - une seule fois, en 1901 - jusqu'à l'archipel du Cap Vert : la faune qu'il récolta était suffisamment différente de celle qu'il avait décidé de connaître dans ses moindres détails, qu'il reconnut avoir pénétré dans la province biogéographique sub-tropicale, et n'y revênt plus.

Lorsqu'on consulte la collection des "Résultats des Campagnes Scientifiques du Prince Albert I^{er}", on ne peut pas être frappé par le fait que tous les aspects physiques, chimiques, biologiques et géologiques y sont traités avec toutes les techniques et méthodes en usage à l'époque - et souvent améliorées, d'ailleurs - et par les plus grands spécialistes de chaque discipline ou thème particulier.

En fait, aucun des aspects de la Science des Océans n'était indifférent au Prince Albert I^{er}, et il a été le premier véritable "océanologue", bien avant que le concept et le mot ne fussent créés.

C'est dans cet esprit résolument multidisciplinaire que je proposai, en 1966, au Comité Scientifique du bathyscaphe, qui était géré par le C.N.R.S. et dont j'étais président, d'organiser deux campagnes avec l'*Archimède*, en associant l'étude de l'archipel des Açores à celui qui comprend Madère et Porto Santo. Ces plongées "biologiques" au nombre de seize ont été exécutées en été 1966 à Madère (4 plongées) et également en été 1969 aux Açores (12 plongées) (Anonyme, 1972).

Dans l'oeuvre proprement monumentale qu'est cette série de volumes des "Résultats des Campagnes Scientifiques du Prince Albert I^{er}", seuls manquent les aspects écologiques. Pourtant, l'écologie "science de l'habitat" avait été conçue dès 1868 par Haeckel, mais les biologistes marins y vîrent assez tardivement et il fallut attendre la décennie "50-60" pour que l'étude des écosystèmes marins, puis de leur fonctionnement, devînt une de leurs préoccupations majeures.

Or, dans un site donné, la biologie des organismes qui peuplent le milieu fluide et ceux qui vivent sur - ou dans - le milieu solide font partie, au plan énergétique, d'un seul et même écosystème, et ce, depuis la surface jusqu'au fond. Mais, à l'époque où le Prince Albert I^{er} conduisit ses recherches, la connaissance du milieu fluide, c'est à dire des phénomènes qui se déroulent dans la colonne d'eau et de la biologie des organismes qui y vivent, était encore assez sommaire. Pourtant, il y travailla beaucoup avec ses collaborateurs, et c'est au cours de ses campagnes successives que furent mises au point certaines méthodes de mesure de paramètres divers, ainsi que de prélèvement de plancton.

Lors de ses dernières plongées à objectif biologique et écologique (Madère et Açores), le bathyscaphe français *Archimède* avait été doté d'un thermomètre et d'un bathymètre précis, mais les appareils de prélèvement étaient d'une fiabilité douteuse, de sorte que chaque observateur appelé à exécuter une plongée devait s'astreindre à noter, au fur et à mesure de la descente, tout ce qui concernait le plancton et le seston. Ce genre d'analyse, quasi instantanée, de ce qui défile devant les hublots n'a été assuré que de façon imparfaite lors des campagnes de 1966 et 1969, sauf pour ce qui concerne mes propres plongées, habitué que je l'étais par mes 18 plongées précédentes, tant en Méditerranée qu'en Atlantique et au Japon.

En fait, seuls les résultats des plongées bio-écologiques exécutées à Madère en 1966 et autour de l'île de S.Miguel (Açores) figurent dans le fascicule édité en 1972 (Anon., 1972) par le Centre National pour l'Exploitation des Océans (C.N.E.X.O.) dans la série "Résultats des Campagnes à la Mer". En ma qualité de Président du Comité Scientifique des Bathyscaphes (C.N.R.S.) j'avais demandé à chacun des scientifiques

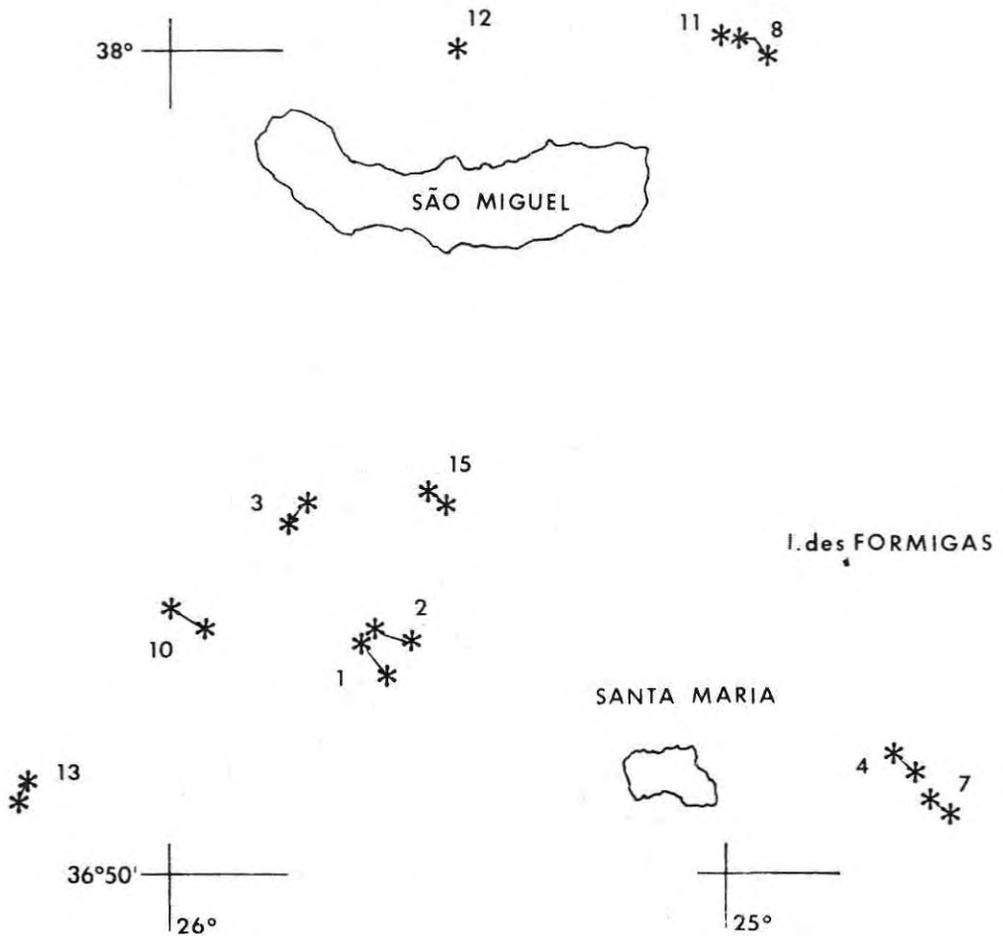


Figure 1 - Positions des plongées bio-écologiques du bathyscaphe *Archimède* autour de l'île de São Miguel (Açores).

appelés à faire une ou plusieurs plongées d'en faire un compte-rendu individuel. Ces comptes-rendus furent discutés au cours d'une séance de travail tenue à Marseille en 1970, peu avant que l'exploitation scientifique de l'*Archimède* passât sous tutelle du C.N.E.X.O., lequel l'affecta à d'autres tâches. Ce sont ces "notes de plongée" qui forment l'essentiel du fascicule précité, auxquelles furent associées quelques notes relatives à certains groupes zoologiques. Je ferai référence également à une note publiée séparément par Wolff (1971) après sa plongée à Madère au cours de la campagne 1966.

En préparant le texte de ma contribution au centenaire de la longue entreprise du Prince Albert I^{er} pour faire de cette aire océanique une des mieux connues de tout l'océan Atlantique, il m'a paru nécessaire d'en modifier le titre tel qu'il m'avait été proposé par le comité d'organisation, en supprimant l'adjectif "abyssal" pour traiter plus modestement de "benthos profond". En effet, je pense qu'il est parfois difficile - surtout s'il s'agit d'une seule plongée - d'attribuer à l'un ou l'autre des étages (bathyal ou abyssal) du système profond, des observations essentiellement visuelles dans un site donné, et qui sont tout de même très localisées, en raison du principe même sur lequel repose l'utilisation des bathyscaphes, et notamment, de leur faible manoeuvrabilité et de l'étroitesse relative de la zone éclairée, à l'arrêt ou en route.

En concevant le programme de ces 16 plongées: 4 en 1966 à Madère et 12 en 1969 autour de l'île de São Miguel, j'avais deux objectifs:

1- Reconnaître les peuplements benthiques profonds compris entre 2500 et 3000 m pour tenter de mieux définir la zone de transition - si elle existe - entre les étages bathyal et abyssal, dans un secteur où les apports continentaux sont négligeables et où la pente du talus ne laisse pas place à un "abyssal rise". Ceci était possible à Madère où toutes les plongées ont été effectuées au sud-sud-ouest de la grande ride qui se prolonge vers le nord-ouest jusqu'au Banc Joséphine, mais il fallait le tenter aux Açores, où les différentes îles forment un "plateau".

2- Tenter de préciser, sur des pentes continentales relativement abruptes, les particularités éventuelles des peuplements des horizons supérieurs de l'étage bathyal.

La "vie" que les observateurs peuvent rencontrer à n'importe quelle profondeur dans le pelagos ou le benthos dépend, dans chaque site de plongée, de l'énergie disponible et des voies qu'elle suit au sein du réseau trophique.

Il apparaît que, dans un secteur océanique pratiquement dépourvu d'apports fluviaux (source de sels minéraux et d'oligo-éléments, ou de carbone organique dissous ou particulaire) l'énergie ne peut provenir que de la production photosynthétique ou bactérienne. Par ailleurs, le caractère éruptif des archipels autour desquels ces plongées ont eu lieu laisse penser que certaines venues hydrothermales peuvent être, localement, une source d'énergie puisque des analyses hydrologiques faites au voisinage de Madère, au cours des campagnes du Prince Albert I^{er} avaient révélé des teneurs élevées en soufre (Pérès, 1972 - *in* Anon., 1972, p. 40). Il en est très vraisemblablement de même aux Açores et notamment dans les parages de l'île de Faial où des manifestations éruptives intenses se sont produites encore en 1956-57, et en 1980 à Terceira.

Néanmoins, il est évident que la fertilité des eaux du secteur de l'océan Atlantique où ont été effectuées les plongées de l'*Archimède* de 1966 et 1969 procède essentiellement de l'upwelling côtier saisonnier qui correspond au front entre les eaux côtières et les eaux du large et qui n'est que la suite de celui qui est exploité par les pêches de la côte occidentale de la péninsule ibérique et des côtes marocaines et jusqu'à la Mauritanie. Bien évidemment, dans le cas du programme de plongées du bathyscaphe *Archimède* dans ce secteur océanique qui s'étend de Madère aux Açores, le degré de fertilité des eaux de surface et leur dynamique par rapport aux eaux intermédiaires - ou profondes ? - me parurent dignes d'intérêt dans la mesure où elles pouvaient expliquer des différences de composition ou d'abondance des peuplements benthiques profonds du secteur pris en compte.

Dès mes premières plongées, j'avais pris l'habitude de m'astreindre à une observation continue depuis la surface jusqu'à l'arrivée sur le fond et de noter la présence des individus appartenant aux divers groupes du pelagos, leur distribution et parfois leur comportement, ainsi que le "degré de transparence" de l'eau que l'engin traversait, c'est à dire, sa teneur en seston, cette "pluie organique" qui avait tant frappé Hguot et Willm lors de leur première plongée à 4050 m au large de Dakar à bord du *FNRS 3* en 1953.

En fait, au tout début de la descente de l'engin, les turbulences dues à la prise de plongée, en même temps que la diminution de l'éclairement naturel, exigent des précautions particulières de la part du pilote qui doit amorcer aussi lentement que possible la prise de plongée. Néanmoins, j'avais pu observer visuellement le plancton et apprécier la densité du seston au cours de la descente de mes plongées 11 et 12 au S-SO de Funchal, de 0 à 2000 m (pendant 2 heures) et de 0 à 3300 m (pendant 2 heures 30), respectivement.

Par ailleurs, lors des plongées à Madère, Maul (*in Anon.*, 1972, p.11-26) et Wolff (1971) n'ont pas pris en compte l'évaluation du seston ; en outre, ce dernier, qui est un spécialiste du benthos profond, avait demandé au pilote, lors de sa plongée 7 à 4160 m, de descendre à une vitesse d'au moins 0,30 cm.s, d'où une certaine imprécision sur l'évaluation de la densité des peuplements planctoniques traversés au cours de cette plongée.

Sans revenir sur la description du plancton de la colonne d'eau telle qu'elle ressort des contributions des trois observateurs "bio-écologistes": Wolff (plongée 7, 1971, 0-4160 m); Pérès (plongée 11, 2170 m et plongée 12, 0-3310 m); Maul (plongée 13, 0-2290 m)(*in Anon.*, 1972), il me paraît nécessaire de compléter les remarques que j'avais faites p. 38 et 39 de ce fascicule collectif.

1- Du fait que toutes ces plongées ont été faites de jour, le maximum de micro- et de mésoplancton signalé par les observateurs entre 250 et 300m correspond sans doute à l'accumulation diurne des espèces participant aux assemblages de surface et de subsurface (Pérès, 1982).

2- La couche de 300 à 900 m apparaît pauvre en méso- et macroplancton, aussi bien aux plongées 11 (Pérès) et 13 (Maul), où la profondeur totale est à peine supérieure à 2000 m; par contre, son plancton était un peu moins pauvre et un peu plus diversifié, plus au large, à la plongée 12 (Pérès) où la profondeur dépassait 3000 m.

3- De 900 à 1500 m on rencontre la couche la plus riche en méso- et macroplancton, qui correspond au refuge diurne des espèces du "bathyplancton" (*sensu* Birshtein *et al.*, 1954; Pérès, 1982) qui montent se nourrir la nuit dans les couches de surface et subsurface; la partie inférieure de cette couche d'eau montre une nette augmentation de la teneur en seston, sans doute liée aux détritiques qui sont issus de cette population "bathyplanctonique".

4- Au delà de 1700 m, les organismes planctoniques deviennent très rares et ce n'est qu'à partir de 2600 m que Pérès (plongée 12 à 3310 m) a observé une légère augmentation des particules sestoniques.

En bref, dans la zone explorée par l'*Archimède* au sud de Funchal, la richesse relative de la couche située entre 900 et 1700 m donne à penser qu'une quantité non négligeable d'énergie pourrait encore parvenir au benthos profond observé lors des plongées 11, 12 et 13. En outre, un courant assez intense portant au 240-270 a été observé dans toute l'aire qui a été couverte par les plongées "bio-écologiques".

Les masses d'eau qui bordent au Sud l'ensemble insulaire formé par Madère et Porto-Santo - et qui n'est que l'extrémité de la ride orientée nord-nord-est qui se prolonge jusqu'au Banc Joséphine - se dirigent vers la grande convergence qui est centrée sur l'archipel des Açores. Cette convergence a été l'objet de nombreuses recherches sur lesquelles je ne m'étendrai pas, me bornant à rappeler qu'on lui doit, par exemple l'exploitation traditionnelle des Cétacés - principalement le Cachalot - qui a été naguère une source de richesse des Açores - surtout à Pico - sans compter d'autres ressources, par exemple des Thunnidés. Je rappellerai aussi qu'à toutes les stations explorées par l'*Archimède* aux Açores, le courant portait au nord-nord ouest.

Ainsi, m'a-t-il paru intéressant, sur les seules données d'observations visuelles, à partir de l'*Archimède*, de comparer le peuplement de la colonne d'eau, d'une part à Madère et d'autre part autour de São Miguel, au cas où des différences marquées, suivant les sites pourraient expliquer des particularités locales du benthos profond. Pour cela, j'ai repris toutes les signalisations visuelles qui m'ont paru acceptables dans chacune des contributions figurant dans le fascicule publié en 1972, d'une part des trois plongées effectuées à Madère (cf. supra) et d'autre part aux Açores, toujours en prenant en compte le plancton et le seston observés dans la colonne d'eau: - plongées 13 (Pérès) au sud-ouest de São Miguel de 0 à 3100 m (pendant 2 h 25) et 14 (Pérès) au sud-ouest de São Miguel de 0 à 2000 m (pendant 1 h 45), respectivement; - plongée 12 (Pérès), au nord de São Miguel, de 0 à 2120 m (pendant 1 h 45). J'y ajouterai les quelques observations sur la colonne d'eau faites par Arnaud lors de sa plongée 4 sur la marge externe du "plateau" des Açores à 15 nautiques à l'est de Santa Maria. J'ai choisi les groupes zoologiques les plus fréquemment représentés dans les rapports de plongée des différents observateurs (Siphonophores, Méduses, Ctenaires, Chaetognathes, Copépodes, Amphipodes, Mysidacées, Euphausiacées, Décapodes Natantia, Mollusques, Pyrosomes, Thaliacés, Poissons) et j'ai tenté une première approche de la représentation des divers groupes zoologiques présents dans la colonne d'eau (en fonction de la profondeur) dans les deux aires océaniques prospectées par l'*Archimède*. Je n'en mentionnerai que quelques aspects, compte-tenu de la difficulté d'identification des formes observées (surtout dans les premiers 300 m), et que je tire d'un tableau - encore très provisoire - mais que je m'efforcerai d'améliorer en faisant appel à des données recueillies au cours de diverses campagnes océaniques récentes.

a- Les Euphausiacées présentent un maximum d'abondance entre 350 et 550 m (parfois en bancs très denses) sur les deux sites; elles sont consommées essentiellement par des Poissons aussi bien benthiques que pélagiques; elles sont présentes au delà de 600 m, sur le site de Madère seulement jusqu'à 1500 m.

b- Comparaison Madère/Açores sur le nombre total d'individus recensés aux diverses profondeurs.

b1- Madère (3 plongées) : couche 0-2200 m : 35-42 et seulement 7 dans la couche 2200-3300 m.

b2- Açores (4 plongées) : couche 0-2000 m : 40-45, mais 20-25 pour la couche 2000-3100 m.

c- A la plongée 12 (0-2000 m) sur la face Nord de São Miguel, les Siphonophores et les Méduses sont absents, mais les Cténares sont présents; si les Euphausiacées sont abondantes entre 400 et 600 m, les populations de Crustacés sont constituées plutôt de Copépodes, d'Amphipodes et de Mysidacées, notamment entre 1200 et 1400 m, où l'on trouve aussi le maximum de Poissons pélagiques; les Chaetognathes sont représentés seulement entre 1500 et 1900 m. Aux plongées 14 (0-2000 m) et 13 (0-3100 m) toutes deux au sud-ouest de la côte Sud de São Miguel le peuplement de la colonne d'eau est assez différent. A la station la plus côtière (14) (fig.1), les Poissons sont assez abondants entre 400 et 600 m, sans doute du fait de la densité des populations d'Euphausiacées, les autres Crustacés étant assez pauvrement représentés; par contre, les Ptéropodes y sont nombreux de 1500 à 2000 m et pourraient expliquer la présence d'assez nombreux Poissons pélagiques. Lors de la plongée 13 - sur la même radiale, mais plus au large - (de 0 à 3100 m), on rencontre: a- de 400 à 600 m, outre de nombreuses Euphausiacées, quelques Siphonophores; b- de 900 à 1400 m un plancton plus abondant dominé par les groupes de Crustacés (Copépodes, Amphipodes et Mysidacées) accompagnés de nombreux Chaetognathes. Enfin, au delà de 2100 m et jusqu'à 3050 m, le plancton apparaît moins pauvre qu'à Madère; les Crustacés sont surtout représentés par des Copépodes et des Amphipodes; les Chaetognathes ne sont pas rares et on peut observer, de-ci de-là, des Siphonophores, quelques Méduses et des Cténophores.

Par contre, tout à fait différent apparaît le peuplement pélagique observé à la station 4 par Arnaud vers 2500 m sur le rebord externe du plateau des Açores à 15 nautiques à l'est de l'île de Santa Maria. Le macroplancton y est pauvre et très dispersé, ainsi que le seston; mais l'observateur y a reconnu, outre quelques Euphausiacées, un Siphonophore

Physonecte, des "Béroé", une Méduse et des colonies de Salpes, deux Téléostéens (non identifiés) et un *Cyclothone* (?) très proche du fond (2450 m). D'après Arnaud, le seston est très pauvre dans cette station vraiment "offshore", encore qu'il y ait observé, surtout dans les 500 derniers mètres de grosses "particules" isolées (Anon., 1972; p. 55). Cette dernière observation suggère que le pélagos de cette station 4 appartiendrait déjà à ces aires ultra-oligotrophes du grand large qui sont caractéristiques des grands "gyres" océaniques.

Avant de relater les observations qui ont été exécutées au cours des plongées du bathyscaphe *Archimède* pour mieux connaître le benthos profond, il faut admettre que la distribution et le degré d'abondance des populations d'espèces macrobenthiques dépend: - de la quantité d'énergie qui leur est nécessaire pour subsister, croître et assurer leur reproduction; - de leur degré de dépendance vis à vis du substrat (dur ou meuble) sur lequel (ou dans lequel) elles vivent (et suivant qu'il s'agit d'espèces sessiles, sédentaires, vagiles), ainsi que de la nature du matériel sédimenté, et surtout de l'intensité du courant au voisinage du fond, lequel distribue l'énergie disponible.

Ceci revient à dire que cette distribution dépendra aussi de grands traits de la géomorphologie sous-marine, et surtout de sa microtopographie.

Or, tant à Madère qu'aux Açores, le benthos profond se trouve dans un environnement plus ou moins volcanique.

A Madère, les fonds de l'étage bathyal ont été parcourus par Maul (plongée 13 à 2290 m) et par moi-même lors de ma première plongée à 2170 m (plongée 11). Indiscutablement, ces deux plongées étaient encore sur le talus méridional de l'île puisque je signale que l'"épaisseur de la couche de sédiment est très irrégulière et, de place en place, font saillie des bancs d'une roche éruptive noirâtre d'aspect bulleux, bancs qui constituent par places des marches surplombantes et à rebord assez anguleux" (*in* Pérès, Anon., 1972, p. 31). Par contre, lors de ma plongée 12 où j'ai atteint 3300 m, le fond étant de boue fine, de couleur gris-brun, à pente très faible et qui appartenait indiscutablement à l'étage abyssal, il en a été de même lors de

la plongée 7 de Wolff qui a atteint 4160 m. Ce système volcanique est actuellement peu actif.

Par contre, aux Açores, le système volcanique reste extrêmement actif: tremblement de terre et éruption durable en 1955-56 à Faial, tremblement de terre à Terceira en 1980, etc.; mais nos observations sous-marines n'ont concerné que l'île de São Miguel. Le programme des douze plongées que j'avais conçu était de réaliser : d'une part, une première approche des peuplements benthiques profonds bordant à l'est le plateau des Açores englobant la côte est de Santa Maria et la partie nord-est de la partie de ce plateau qui supporte l'île de São Miguel, en direction du nord-est sur une douzaine de milles à partir de la pointe de la Ribeira; d'autre part, sur la crête, quelque peu sinueuse, qui part de la côte sud de São Miguel à l'ouest de l'anse de Ponta Delgada en direction générale nord-sud sur environ 35 milles ; par ailleurs, enfin, et pour avoir une première idée de la géomorphologie du plateau lui-même, une station sur la côte nord de São Miguel sur le méridien de la Pointe de Ribeira (fig. 1).

Sans revenir sur les notes détaillées des plongées 1 et 2 de Laubier (*in* Anon., 1972, p. 65-71), de la plongée 3 d'Arnaud (*in* Anon., 1972, p. 53-55) et de mes plongées 12 et 14 (*in* 2, p. 74-79 & 82-85), on peut résumer comme suit les conséquences sous-marines de cet épisode éruptif ancien, peut-être lié à la formation de la Caldeira das Sete Cidades.

La roche émise est de couleur noirâtre, apparemment assez visqueuse; elle forme des dalles à bords brisés, séparés par des failles de quelques dizaines de centimètres, entre lesquelles on observe des passées de sable vaseux détritique, de plus en plus nombreuses au fur et à mesure que le submersible s'enfoncé. Ces passées détritiques sont constituées parfois de sable coquillier seulement, au début de la plongée 1 sur la face orientale de la crête. Sur la face occidentale de la crête, l'intensité du courant portant au nord-nord ouest entraîne la formation de ripple-marks très marqués dans ces passées sédimentaires. En bref, on peut dire que le relief de la côte est un véritable cahot de petites falaises - parfois abruptes et de quelques dizaines de mètres de haut -, de marches rocheuses et de cuvettes sédimentaires et plus ou moins détritiques, souvent avec des lapilli. Localement, on rencontre

sur quelques dizaines de mètres carrés des champs de petits blocs, plutôt anguleux (1 à 10 dm³) et, plus rarement des "galets" (plongée 2), qui sont sans doute des bombes volcaniques mal formées, comme on peut en observer à Faial depuis le grand épisode éruptif de 1955-1956.

Il n'est pas impossible qu'il y ait eu, dans cet épisode éruptif, plusieurs poussées successives et sans doute de types volcanologiques différents. Quoi qu'il en soit, l'impact sur la géomorphologie de ces phénomènes éruptifs est encore perceptible aux environs de 2000 m, comme le montrent mes observations au cours de ma plongée 14 où, malgré la prédominance d'un fond sablo-vaseux assez hétérogène, de couleur gris-jaunâtre, j'ai pu observer des marches "rocheuses" (ou de sédiment consolidé) et plus ou moins craquelées, un éboulis de gros blocs d'une espèce de ponce, assez anfractueux, etc. Il en a été de même à ma plongée 12 où j'ai observé des figures analogues: "marches" plus ou moins effacées, champs de petits blocs, lapilli, etc. Par contre, à sa plongée 15, Carpine (*in* Anon., 1972, p.62) n'a relevé, sur les fonds de 2000 m, aucun indice de ce processus éruptif.

L'impact des phénomènes volcaniques sur la partie nord-est du plateau qui supporte l'île de São Miguel n'a pas été suffisamment étudié. Il n'a été qu'aperçu au cours de deux plongées: par Carpine (plongée 11 de 2480 à 2560 m - *in* Anon., 1972, p. 61-62) et par Zibrowius au cours de la plongée 8 (*in* Anon., 1972, p.93-97) qui a étudié la nature du fond à trois niveaux 1800, 2000 et 2500 m. Les observations volcanologiques les plus intéressantes sont celles du premier niveau d'atterrissage, vers 1800 m: "fond rocheux très cahotique, apparemment dû à une coulée de lave; formes généralement arrondies; cassures anguleuses observées seulement sur une aire restreinte de quelques mètres carrés; pas de blocs superposés: tout semble constitué par une coulée de lave noirâtre qui aurait recouvert les accidents préexistants du fond. "Certaines structures font penser à des bulles de lave éclatées". Bien entendu, il y a aussi des passées sédimentaires, plus nombreuses à 2000 m qu'à 1800 m, et passant, à 2500 m, à un fond de sable vaseux, plus fin, mais dont la surface est plus ou moins bosselée. Bref, on a l'impression que le matériel éruptif rejeté n'était pas absolument identique

dans la zone de la crête du sud-ouest de l'île d'une part, et à la corne nord-est du plateau, d'autre part.

Venons en donc enfin, au benthos profond de l'archipel des Açores dont la connaissance avait fait des progrès remarquables grâce au Prince Albert I^{er}.

Au delà des faibles profondeurs du plateau continental, en général à pente assez faible, commence - entre 120 et 250-300 m - le talus continental dont la pente est plus marquée et qui représente ce que les océanologues et les écologistes appellent l'étage bathyal. Il est convenu qu'il correspond au début des "mers profondes". Mais, dans une zone volcanique encore active, comme l'est l'archipel des Açores, les horizons supérieurs de l'étage bathyal peuvent présenter des aspects très particuliers. C'est pourquoi j'avais décidé de leur consacrer au moins deux des 12 plongées de la campagne 1969 de l'*Archimède*.

J'avais choisi pour cela les deux faces d'une crête de la dorsale qui part de la côte sud de São Miguel, dont la direction est sensiblement nord-sud, de sorte que les peuplements benthiques y sont exposés de façon radicalement différente au puissant courant portant au nord-nord ouest qui aborde par le sud le plateau des Açores.

Je m'attacherai essentiellement à la faune d'invertébrés, la participation des Poissons (*cf.* Anon., 1972, p. 115-119) à l'écosystème étant, la plupart du temps, mentionnée dans les rapports individuels des observateurs. Au moins ai-je pu, en préparant cette distribution, mieux identifier un certain nombre de ces invertébrés, soit par dépouillement des photographies, soit en recourant à la littérature.

Sur la face occidentale de la crête explorée par Arnaud (plongée 3, *in* Anon., 1972, p.53-54), le courant de fond, portant au nord-nord ouest, est si intense que le peuplement animal des affleurements rocheux est presque inexistant, à part quelques éponges. L'essentiel de l'énergie disponible dans cette partie inférieure de la colonne d'eau est utilisée par un banc très dense d'Euphausiacées, qui masque plus ou moins le fond et qui sert de nourriture à des *Helicolenus madurensis* et à quelques Macrouridae. C'est seulement quand le substrat rocheux forme des sortes de marches qu'apparaissent, sur

les crêtes de celles-ci, outre des Spongiaires, d'autres espèces sestonophages plus ou moins dressées (Alcyonaires, Antipathaires, etc.). Dans les intervalles de ces passées éruptives, sans doute assez anciennes, apparaissent des espaces occupés par un sédiment sablo-vaseux grossier, montrant de forts ripple-marks, parsemé de tubes de *Hyalinoecia*, et probablement riches en méio- et petit macrobenthos, et où vit l'Echinothuride *Calveriosoma hystrix*; il s'y déplace d'autant plus aisément que l'intensité du courant est telle qu'il engendre parfois des sortes d'encroûtements gréseux de même nature que le sédiment. Çà et là, on aperçoit quelques Crevettes Pénaïdes et des Poissons. Vers 800 m de profondeur *C. hystrix* est remplacé par le Cidaridae *Porocidaris purpurata* avec ses longs piquants à bandes alternées de rose et de violet. A la fin de la plongée, à 820 m, on ne trouve plus qu'un peuplement, d'ailleurs riche et diversifié, de sestonophages (Spongiaires, Madréporaires solitaires, Gorgonaires, Antipathaires, etc.) qui garnit les marches rocheuses; les poissons y sont peu nombreux.

Sur la face orientale de la crête, à la plongée 1, Laubier (*in* Anon., 1972, p. 65-68) trouve, à 445 m de profondeur, un fond constitué par une alternance de roche noirâtre en dalles brisées et de petites passées d'un sédiment clair à dominance de débris coquilliers. Sur la roche nue se trouve un peuplement dominé par *Ellisella flagellum* avec quelques Gorgonaires, ou encore un peuplement dominé par des Spongiaires massifs et des Brachiopodes (*Terebratulina*). Le profil du fond est absolument cahotique avec des à-pic qui obligent le bathyscaphe à remonter jusqu'à 340 m le long d'une falaise à dalles horizontales à *E. flagellum*, avant de retrouver un autre fond à grands Brachiopodes à test irrégulier (*Dyscolia?*), puis à redescendre jusqu'à un fond sablo-vaseux à *Terebratulina* vers 570 m, que l'observateur a suivi jusqu'à 1470 m, bien au delà de l'isobathe 1000 m que j'avais fixé, un peu arbitrairement, pour l'étude des horizons supérieurs de l'étage bathyal. La poursuite de la plongée n'apporte guère de données nouvelles, constituée qu'elle est de "marches" rocheuses portant des formes sestonophages (Eponges, Gorgonaires, etc.) et de fonds plus ou moins sableux, riches en débris biogènes, portant quelques Sabellidae, un Crinoïde du type *Leptometra* vers 700 m, quelques Crevettes (dont des *Plesi-*

openaeus), de nombreux poissons (assez variés) et, vers 1080 m, quelques *Cidaris cidaris* ainsi qu'un *Cerianthus* à tentacules violets. Laubier souligne l'absence, dans sa plongée 1, des "coraux blancs" (*Madrepora* et *Lophelia*). En fait, il trouvera quelques petites colonies de *Madrepora oculata* sur de petits surplombs au début de sa plongée 2 vers 1180 m, qu'il a poursuivie jusqu'à 1670 m. Etant donné que le contour du rivage présente une indentation très marquée à l'est de la crête sous-marine, le courant de fond y apparaît très atténué, comme le montre le fait que nulle part, dans ses deux plongées, Laubier ne signale de ripple-marks sur les parties du talus où existent des fonds meubles.

Pour essayer de mieux interpréter la structure des peuplements benthiques des profondeurs moyennes de l'étage bathyal, quatre plongées ont été effectuées aux environs de 2000 m, autour de l'île de São Miguel: - plongée 12, au nord (Pérès, *in* Anon. 1972, p. 73-79) 1990-2120 m; - plongée 8, au nord-est (Zibrowius, *in* Anon., 1972, p. 93-96) *pro parte*, 1800-2130 m; plongée 14 au sud-ouest (Pérès, *in* Anon., 1972, p. 82-85) 2020-2130 m; - plongée 15 au sud (Carpine, *in* Anon., 1972, p.62-63). Ces quatre plongées donnent une certaine idée de l'importance des phénomènes volcaniques. Ainsi, la plongée 15 sur un sédiment blanchâtre et à pente imperceptible n'est que très faiblement peuplée, mais riche en "traces" de toutes sortes. Les trois autres plongées montrent, tantôt une coulée de lave (plongée 8) parfois mêlée de passées sédimentaires, tantôt un fond de vase sableuse, localement parsemée de petits blocs noirâtres avec, parfois, de petits décrochements de pente, etc.

J'ai choisi, pour illustrer les peuplements benthiques de cette portion de la pente continentale, la plongée 12, au sein du "plateau" des Açores. Arrivé à 1990 m, on y trouve un fond de sable vaseux assez consistant, à pente faible et justement un de ces champs de petits blocs (1 à 10 dm³) apparemment dépourvus d'épifaune. Dans l'ensemble, le peuplement benthique est assez clairsemé jusqu'à 2030 m. Les Cnidaires sont représentés par *Kophobelemnon stelliferum*, une *Acanella*, un exemplaire du grand Pennatulinaire *Pennatula aculeata*, quelques *Umbellula* sp. et *Scleroptilum grandiflorum* qui est ici assez rare (Carpine, *in* Anon., 1972, p. 103-107); de

rare Madréporaires solitaires, dont *Caryophyllia ambrosia*, ainsi qu'un *Flabellum* sp. et deux grands *Cerianthus* sp.

Les Echinodermes sont assez nombreux: l'Astéroïde *Pedicellaster sexradiatus* (assez commune), l'Ophiure *Astrodia tenuispina* (qui vit sur divers Octocoralliaires, dont des *Pennatula*). L'Echinothuride *Calveriosoma hystrix* est encore présent, mais rare, accompagné d'un Cidaridae vivant (parmi une certaine abondance de tests morts). Les Holothuries sont représentées par une Synallactide, assez aplatie, à corps de couleur beige, marqué d'une bande axiale plus claire et que je rapporte au g. *Mesothuria*; existe aussi une espèce du g. *Benthodytes*, assez uniformément répartie (un individu tous les 500 m de parcours sur le fond) et quelques individus d'une espèce du g. *Euphronides*, toujours plus rare encore que l'espèce précédente, et une *Peniagone* sp.

Vers 2050 m apparaissent les peuplements très localisés du Cidaridae *Stereocidaris ingolfiana* reconnaissable à ses longs piquants et dont la population forme de petites oasis de 100 à 200 m² où la densité de population est de l'ordre de 3-4 ind.m². Les autres groupes sont assez pauvrement représentés: quelques Actinies fouisseuses, des Crevettes (*Plesiopenaeus edwardsianus*, *Aristeomorpha*) et des Eponges.

Vers 2080 m, la faune devient très pauvre, mais on aperçoit un petit Madréporaire colonial et deux Scaphopodes.

A 2120 m, le sédiment, parfois parsemé de lapilli, présente des "marches" de vase consolidée (peut-être fendillées par des microséismes). Le peuplement reste pauvre et dispersé, avec toujours *P. sexradiatus*, *A. tenuispina* (Sibuet, in Anon., 1972, p. 121-124), une *Peniagone* (probablement *P. azorica*), une *Umbellula* et un Antipathaire noir, peu ramifié (peut-être *Antipathes viminalis*). Les Poissons sont peu nombreux: deux individus d'*Halosaurus*.

Les autres stations étudiées dans la même gamme de profondeurs (8, 14 et 15) sont, dans l'ensemble, moins riches, notamment en Echinodermes. Par exemple, les *Benthodytes* et le g. *Euphronides* sont présents (ce dernier plus rare); il en est de même des Cidaridae; par contre, l'Ophiure *Ophiomusium lymani* est assez fréquente, ainsi que l'Astéroïde *P.*

sexradiatus; des Brisingidae sont observées çà et là. La représentation des Cnidaires est peu modifiée par rapport à celle observée à la station 12, mais le nombre des individus ou des colonies est moindre. Par contre, les Spongiaires paraissent mieux représentés aux plongées 8 (deuxième partie du parcours sur le fond), 14 et 15 qu'à la plongée 12.

Après avoir revu tous les comptes-rendus de plongées faites par les observateurs embarqués sur l'*Archimède*, il m'a paru que les plongées AC 4, 8 (*pro parte*), 10 et 11, qui concernent des profondeurs comprises entre 2350 et 2700 m, correspondaient à la partie inférieure (c'est à dire au 3^{ème} horizon) de l'étage bathyal. Je laisserai provisoirement de côté l'analyse des plongées AC 7 (2520 - 3300 m) et 13 (2970 - 3050 m), qui diffèrent plus par le profil de la pente, assez accentuée à la plongée 7, mais beaucoup plus progressif à la plongée 13, où l'observateur tentait de détecter un changement de peuplement suggérant son appartenance à l'étage abyssal.

Les observations effectuées dans cet horizon inférieur de l'étage bathyal sont relativement homogènes si l'on prend comme fil conducteur les Echinodermes. Ainsi est-ce domaine de prédilection des grosses Holothuries, notamment les *Bentho-dytes* (il semble qu'il en existe plusieurs espèces assez voisines les unes des autres) et des *Euphronides* (qui sont connus plutôt de l'étage abyssal) mais qui sont observés, parfois, dans ce 3^{ème} horizon. La Synallactide de teinte claire, déjà rencontrée à plusieurs reprises, est l'espèce la plus fréquemment rencontrée (souvent en train de nager à quelques décimètres du fond). Parmi les autres Echinodermes rencontrés épisodiquement vers 2000-2500 m, mais qui sont plus abondants dans cette gamme de profondeurs, on peut citer l'Astéroïde *Pedicellaster sexradiatus* (commune jusqu'à 3000 m, mais plus rare au delà de cette profondeur), l'Ophiure *Ophiomusium lymani* qui n'est fréquente - sauf exception - qu'à partir de 2500 m, mais qui a été observée jusqu'à 3300 m, lors de la plongée AC 7. La présence d'*Astro-dia tenuispina* à 2500 m à la plongée 10 n'a rien d'étonnant puisque la répartition de cette espèce - connue de 2000 à 4000 m - est directement liée à l'abondance des Gorgonaires sur lesquels elle vit. Je mentionnerai également un exemplaire de l'Echinoderme régulier, *Echinus alexandri*, observé au cours de la plongée 8 à 2560 m; cette espèce connue

de 770 à 2100 m avait déjà été collectée une fois à 3100 m. Enfin, en ce qui concerne les Crinoïdes, seules des formes pédonculées ont pu être observées au cours des plongées aux Açores; il s'agit très probablement de *Rhizocrinus (rawsoni?)* qui apparaît assez commun aux plongées AC 11 (2630 m) et AC 13 (2950 m). Cette espèce a d'ailleurs été observée aussi aux plongées Madère 11 (2170 m, où elle est assez commune (et dont un exemplaire a été récolté) et Madère 12 (3300 m, où elle était plus rare).

Dans ce niveau inférieur de l'étage bathyal, les Cnidaires sont relativement abondants. Parmi les Octocoralliaires Pennatulaires, une des plus caractéristiques est certainement *Scleroptilum grandiflorum* (Carpine in Anon., 1972, p. 103-107), dont le maximum d'abondance est vers 2500 m (plongées AC 10 et AC 11), alors qu'il est rare entre 1500 et 2000 m (plongées AC 2, AC 13 et AC 15), bien qu'il ait été signalé une fois à 4200 m. Il en est de même de la grande *Pennatula aculeata* - plongées AC 7 et AC 8 - (généralement associée à l'ophiure *Astrodia tenuispina*) qui est localement abondante (2-3 ind.m⁻²) entre 2400 et 2800 m, mais qui disparaît vers 2900 m (Saldanha, in Anon., 1972, p. 89-91) et dont on peut se demander si elle ne serait pas caractéristique de l'assemblage de piedmont de l'étage bathyal; elle a été observée, en exemplaires isolés, au cours des plongées AC 14 (2120 m) et AC 13 (2950 m).

Pour ce qui est des Gorgonaires dont l'identification, même au niveau générique est pratiquement impossible, sauf à disposer d'un exemplaire, j'en traiterai plus loin à propos du degré d'eurybathie des différentes espèces observées, mais ils apparaissent plus rares dans la partie inférieure de l'étage bathyal (peut-être, seulement, une question de substrat, ceux-ci étant moins fréquents dans les fonds vaseux profonds).

En ce qui concerne les Hexacoralliaires, j'ai signalé la présence de quelques Scléractiniaires dans les pages précédentes. Les Cérianthes apparaissent peu communs, sauf à la station AC 14 (2020 m) où un grand *Cerianthus* sp. est assez répandu et à la station AC 1 où deux exemplaires d'une grosse espèce à tentacules violets ont été observés. Par contre, les Antipathaires sont bien représentés : *Antipathes wollastoni* aux stations AC 8 à 2010 m et AC 14 à 2020 m où cette espèce est assez commune; un

Antipathes sp. faiblement ramifié à la plongée 12 à 2060 m et qui pourra être *A. viminalis*; *Anthoptilum murrayi*, dont de grands individus généralement recourbés en crosse, sont présents aux plongées AC 15 (208 m) et AC 13 (2950 m); *Stichopathes (gracilis?)* qui est peut-être l'espèce la plus répandue puisqu'elle a été observée au cours de quatre plongées: AC 8 à 2010 m, AC 14 à 2130 m, AC 10 à 2530 m et de 2700 à 3300 m à la plongée 7.

Les deux plongées de l'*Archimède* destinées à fournir une première approche de la faune abyssale (AC 13 à 3100 m et AC 7 de 2530 à 3300 m) correspondent à deux profils du fond complètement différents. A la station AC 13, le fond est de vase gris clair, assez légère, et la pente est insensible. Au contraire, au début de la plongée AC 7, à 2530 m, le fond est de sable fin de couleur "blanchâtre", en pente légèrement oblique (Saldanha, *in* Anon., 1972, p. 89-90); puis, à 2900 m, la pente s'accroît brusquement (pour atteindre une inclinaison de l'ordre de 60°) et le submersible se retrouve à 3150 m sur un fond de vase beige-blanchâtre, qui a été suivi jusqu'à une profondeur de 3300 m.

Bref, les peuplements benthiques profonds de ces deux stations méritent d'être comparés.

La position "très au large" de la station AC 13, assez loin de la zone d'accrétion et des phénomènes éruptifs qui y sont liés, appartient certainement à l'étage abyssal. Le sédiment "est une vase d'un gris clair tirant sur le jaune, assez légère" (Pérès, *in* Anon., 1972, p. 80-81); il n'est pas uni, mais les traces et les tumuli sont rares, ce qui suggère une certaine pauvreté du peuplement.

Si on utilise les Echinodermes comme fil conducteur de la caractérisation on remarquera que la Synallactide claire, assez aplatie et souvent observée en train de nager, déjà présente dans les horizons moyen et inférieur du talus continental est présente et parfois assez abondante. L'élégance de ses déplacements m'a fait penser qu'elle pourrait appartenir au genre *Bathyploetes*, mais j'ai abandonné ceci après avoir consulté la littérature. Il en est de même de l'Ophiure *Ophiomusium lymani*, également assez commune; j'ai noté la présence d'un *Rhizocrinus* et revu, en un seul

exemplaire, l'espèce du g. *Euphronides* qu'on rencontre assez régulièrement (mais généralement en exemplaires isolés) dans le bathyal moyen et profond. Mais je n'y ai vu aucun *Benthodytes*, malgré un séjour sur le fond de 2 heures 20. Par contre, j'y ai rencontré sept exemplaires d'une grosse espèce qui pourrait appartenir au genre *Benthogone* (?).

Par ailleurs, on ne peut qu'être frappé par la rareté relative des Cnidaires. Au cours de cette plongée je n'ai vu que trois Pennatulaires: un seul exemplaire de *Pennatula aculeata* (à 2950 m); - un exemplaire d'une petite espèce simple à polypes courts d'une dizaine de centimètres; - un specimen parfaitement reconnaissable au plan générique du g. *Gyrophyllum*. Par ailleurs, il existait aussi deux exemplaires d'un Antipathaire, à colonie terminée en crosse, et que je pense être *Anthopitulum murrayi*.

Par contre, les Crustacés ne sont pas rares, représentés par une petite Crevette Pénéide (10 cm) et surtout par des Sergestidés, assez fréquentes et nageant à 1-2 m au dessus du fond. A signaler aussi deux gros Anomoures rappelant des "Homoles" et deux Pagures logés dans une coquille de gastéropode, mais que je n'ai pas pu identifier.

L'impression générale qu'on tire de ce peuplement, appartenant certainement à l'étage abyssal, est qu'il est relativement pauvre, ce qui est confirmé indirectement par la rareté des Poissons: seulement trois individus de la famille des Halosauridae. Par contre, les Spongiaires y sont nombreux et assez diversifiés. J'y reviendrai *in fine*.

De la plongée AC 7, je ne retiendrai que la deuxième partie, à partir de 3150 m et jusqu'à 3300 m, où l'aspect du substrat tranche nettement avec la monotonie du fond de la station AC 13: nombreuses traces sinueuses, terriers en entonnoir, tumuli, etc. Les Echinodermes sont représentés par l'Holothurie Synallactide habituelle, ainsi qu'une autre holothurie rappelant un *Stichopus*; *O.lymani* est toujours présent, mais moins abondant et des empreintes d'Astropectinidés ont été observées par Saldanha. En ce qui concerne les Echinoïdes, l'observateur a noté la présence de tests d'oursins irréguliers et aussi la présence d'un Cidaridae que j'ai pu - d'après la description visuelle, mais précise, du Cdt Houot - identifier comme étant *Stereocidaris ingolfiana*. L'observateur signale également la présence de

Gorgonaires (?), d'Antipathaires parmi lesquels *Stichopathes gracilis* (dont nous savons maintenant qu'il existe de 2000 à 3300 m) et des Crevettes Penaeidae.

Mais la grande caractéristique de cette station AC 7, dans sa portion proprement abyssale, est l'abondance des Poissons, parmi lesquels Saldanha cite des "tripodes": *Bathysaurus mollis*, *Benthosaurus* sp., *Bathypterois* sp., mais aussi des Macrouridae, tous poissons qui ne sont certainement pas étrangers au manque d'uniformité de la couverture sédimentaire, qui est plus ou moins "labourée".

Enfin, on pourrait s'étonner que cet aperçut visuel du benthos profond des parages de l'île de São Miguel et du Sud de Funchal ne traite pas des Spongiaires, pourtant généralement abondants. Il y a à celà deux raisons: - d'une part, bien qu'ayant fait d'assez nombreux dessins de Spongiaires dont la morphologie me paraissait assez caractéristique, je n'ai pas eu le temps de revoir les dispositives lorsque je préparais la présente contribution, non plus que de me reporter à la littérature; - d'autre part, l'appareil de collecte d'espèces benthiques n'a fourni, en tout et pour tout, que deux spécimens de Spongiaires, tous deux récoltés au cours de la campagne 1966 à Madère: *Euplectella ruberea* à ma plongée 12 à 3200 m, et *Leptonema lusitanicum* au cours de la plongée 7 de Wolff à 3660 m.

Au terme de l'aperçu que je me suis efforcé de donner des résultats scientifiques obtenus par l'*Archimède* au sud de Madère et dans les parages de l'île de São Miguel, naguère minutieusement explorées par le Prince Albert I^{er}, j'ai voulu dresser un premier constat synthétique puisque la seule journée de discussion et de projection de diapositives, tenue en 1971, n'avait débouché que sur une simple juxtaposition des notes individuelles de chacun des scientifiques appelés à faire une ou plusieurs plongées (Anon., 1972).

En fait, les deux seules groupes zoologiques dont les spécialistes confirmés aient participé aux plongées sont les Octocoralliaires (Carpine) et les Poissons (Saldanha). En ce qui concerne les Echinodermes, je n'en suis pas spécialiste, mais il m'ont toujours attiré en raison du rôle majeur qu'ils jouent dans les peuplements macrobenthiques du domaine profond; j'ai fait quelques efforts, mais j'ai dû vite renoncer, découragé que j'ai été par les

modifications de la systématique, en même temps que par l'abondance des synonymies.

Puisque les collections réunies par le Prince Albert I^{er} sont toutes conservées au Musée océanographique de Monaco, je pense que des spécialistes de divers groupes viennent parfois les consulter; ne pourrait-on leur proposer de "visionner" les diapositives sur lesquelles existent des exemplaires du groupe - ou des groupes - zoologique(s) dont ils ont une bonne expérience. Une première revue complète de toute ces dispositives a été faite déjà par mon ancien collaborateur H. Zibrowius; j'y ajouterais les identifications provisoires que j'ai proposées dans la présente contribution, après seulement quelques mois de recherches dans la littérature. Cette liste, en deux exemplaires, serait déposée à la bibliothèque du Musée océanographique de Monaco.

La comparaison des peuplements macrobenthiques profonds existant à Madère d'une part, et, d'autre part, autour de l'île de São Miguel, d'après les observations faites à partir de l'*Archimède* n'est pas facile, surtout parce que les plongées à objectif "bio-écologique" à Madère n'ont été qu'au nombre de quatre, deux de celles-ci ayant été faites, en outre, par des observateurs dont c'était la première expérience du genre. Par ailleurs, la configuration générale des fonds apparaît assez différente dans les deux sites.

A Madère, il s'agit d'un édifice volcanique isolé (culminant à près de 1800 m), dont la période d'activité est probablement assez ancienne, et qui n'a été exploré que deux fois à 2000-2200 m, et deux fois en ce qui concerne l'étage abyssal (3150 m à 4160 m). La pente générale du talus bathyal paraît assez régulière mais se termine brusquement vers 3100 m, laissant la place à une plaine abyssale dont la pente est à peu près imperceptible. Le fond est à dominance de vase grise, assez consistante, sauf qu'émergent des sortes de grosses "marches", plus ou moins faillées, qui laissent affleurer une roche éruptive noirâtre (vers 2000-2200 m). La plupart de ces marches sont en surplomb. Sur leur face inférieure sont fixés des espèces sestonophages, notamment *Ellisella flagellum* et quelques autres Gorgonaires dont *Metallogorgia melanotrichos* (portant l'habituelle Ophiure du g. *Astrodia*, ainsi que quelques Antipathaires qui restent à identifier et

quelques colonies du g. *Corallium* (sans doute *C. johnsoni*). Même les Spongiaires sont rares; sur les fonds de vase on observe des Crevettes (Pénéidés et Pandalidés), de rares Pennatulaires (*Kophobelemnion* et *Gyrophyllum*), des Polychètes et d'assez nombreux Actiniaires. Mais la caractéristique la plus frappante de ces plongées sur le talus de Madère est la rareté des Echinodermes qui ne sont représentés que par une Holothurie de la famille des Deimatidae et par *Rhizocrinus rawsoni* qui est assez commun et qui a été récolté par le *Jean Charcot* de 400-500 m jusqu'à 2200 m au moins. Dans l'étage abyssal, la faune change du tout au tout. Si le *Kophobelemnion* est encore présent (ce qui étend largement le degré d'eury bathie qu'on lui avait reconnu jusqu'ici), ainsi que le *Rhizocrinus* (mais qui est moins abondant) et les Pénéides, les rares Echinodermes aperçus sont différents: d'une part, une *Ophiomusium*, et d'autre part une grosse Holothurie qui est assez commune et que Wolff (3) a identifiée, d'après les photographies prises au cours de sa plongée, comme appartenant au g. *Benthodytes*, (souvent surprise en train de nager) alors que je penche pour l'attribuer plutôt au g. *Euphronides*. Je ne m'attarderai pas davantage sur le reste de cette faune abyssale que j'ai déjà décrite (Pères, in Anon., 1972, p. 35-38).

Apparemment, la faune profonde serait plus diversifiée sur les sites explorés aux Açores que sur ceux de Madère, mais il faut tenir compte que, lors des plongées exécutées à Madère, deux des trois observateurs n'étaient pas suffisamment habitués aux servitudes de l'exploration à partir d'un submersible. Si on prend comme fil directeur de la composition des assemblages profonds les espèces macrobenthiques d'Echinodermes, les plus fréquemment rencontrées le tableau est le suivant : *Mesothuria* sp.(?) est présente à partir de 2000 m (surtout vers 2500 m) puis reste assez commune dans le début de l'étage abyssal; *Benthodytes* sp. (?) est assez commune de 2000 à 2800 m, et paraît disparaître peu avant le début de l'étage abyssal; *Euphronides* sp. (?), toujours plus rare que l'espèce précédente, présente à peu près la même distribution bathymétrique, mais j'en ai vu un exemplaire dans l'étage abyssal à 3100 m et Perrier (1902) signale une grosse espèce de ce genre qui serait présente de 1000 à 4000 m. L'Astérie *Pedicellaster*

sexradiatus, rencontrée à partir de 2000 m devient assez commune à partir de 2300 m et jusqu'à la fin de l'étage bathyal, mais plus rare dans l'étage abyssal; l'Ophiuride *Ophiomusium* sp. (*lymani* ou *armigerum* ?), rare vers 2000 m est également surtout commune dans l'horizon inférieur de l'étage abyssal mais a été rencontrée lors des plongées du bathyscaphe où l'étage abyssal avait été atteint (ce qui confirme les données de la littérature qui la signale de 2000 à 4000 m). Il semble aussi que le Crinoïde *Rhizocrinus rawsoni* reconnu à partir du bathyscaphe à Madère (2170 et 3300 m) et qui a été dragué par le *Jean Charcot* depuis 400-500 m jusqu'à plus de 2000 m et aux Açores de 2600 à 2950 m soit aussi à cheval sur le bathyal inférieur et l'abyssal. Par contre, la distribution de l'Ophiure *Astrodia tenuispina*, très commune aux Açores mais plus rarement rencontrée à Madère et qui est connue de 2000 à 4000 m, ne découle que de la distribution des Gorgonaires auxquelles elle est inféodée.

La distribution des Cnidaires observés au cours des 16 plongées bioécologiques effectuées sur les deux régions explorées par l'*Archimède* dans l'Atlantique temperé conduit à des conclusions analogues à celles que je viens de développer à propos des Echinodermes, mais qui s'étendent parfois jusqu'à l'horizon supérieur de l'étage bathyal, essentiellement en fonction de la disponibilité du substrat que l'espèce exige. On en trouve de nombreux exemples dans les plongées de l'*Archimède* que je me suis efforcé d'analyser. Ainsi, *Kophobelemnion* connu de 100 à 1600 m d'après la littérature et que j'ai trouvé sur les côtes du Portugal (Pérès *et al.*, 1957) à 1690, puis à 2000 m aux Açores et jusqu'à 3300 m à Madère en raison de la continuité du talus continental et le g. *Gyrophyllum*, présent à Madère à 2170 m et retrouvé aux Açores à 3150 m; par contre le g. *Umbellula* semble préférer l'horizon 2000 m. Les deux Pennatulaires rencontrés au cours des plongées aux Açores paraissent se cantonner plutôt dans le 3^{ème} horizon de l'étage bathyal: ainsi, *Scleroptilum grandiflorum* est-il rare de 1500 à 2000, connaît un maximum de fréquence vers 2500 m et redevient rare vers 2900 m, tandis que *Pennatula aculeata*, très rare à 2000 m peut constituer des populations assez denses et continues entre 2400 et 2800 m, mais devient exceptionnel au voisinage immédiat de l'étage abyssal. Parmi les

Gorgonaires simples, *Ellisella flagellum* apparaît, aux Açores, comme une espèce appartenant plutôt à l'horizon supérieur de l'étage bathyal (de 445 à 1300 m) et n'a été observé à 2000 m, aux Açores, que sur la pointe nord-est du plateau, alors qu'elle est abondante à Madère à 2170 m. Les Gorgones ramifiées, pratiquement inidentifiables sauf à avoir un exemplaire en main, paraissent préférer l'horizon 1500-2000 m, par exemple le g. *Stachyodes*, qui a été observé aux Açores de 900 à 2000 m, les *Acanella* 500 -2000 m (mais dont un exemplaire isolé a été observé à 2900 m), ou encore le g. *Metallogorgia* qui est un des genres les plus répandus dans la zone étudiée (notamment *M. melanotrichos* qui a été collecté par le bathyscaphe à Madère à 2170 m). Enfin, il ne faut pas oublier les Antipathaires dont deux espèces paraissent cantonnées entre 1500 et 2200 m: *Antipathes (wollastoni?)* et *Antipathes (viminalis?)*. *Anthoptilum murrayi* apparaît très eurybathe puisqu'il a été observé lors de la campagne aux Açores de 820 m jusqu'à 2950 m avec une certaine préférence pour les profondeurs comprises entre 1000 et 2500 m. La seule espèce dont on soit sûr qu'elle soit commune aux étages bathyal et abyssal est *Stichopathes (gracilis ?)* puisqu'elle a été observée de 2000 jusqu'à 3300 m.

Ainsi la distinction de l'étage bathyal, comme l'avait proposé Le Danois (1948) apparaît-elle assez recevable pour la partie de l'Atlantique oriental tempéré comprise entre 32° et 38°20 Nord, dans la mesure où aucun des deux types "opposés" de substrat, dur ou meuble, ne devient trop prédominant par rapport à l'autre dans l'étage bathyal, surtout lorsque la pente du talus est forte et à peu près régulière, et dans la mesure aussi où l'intensité du courant et la teneur en carbone de la colonne d'eau est suffisante pour couvrir les besoins énergétiques du benthos profond, avec bien entendu, l'appoint des peuplements bactériens.

Une étude plus approfondie que celle que j'ai faite, en quelques mois, d'un certain nombre de volumes des "Résultats Scientifiques des Campagnes du Prince Albert I^{er}", devrait permettre de préciser et valoriser les résultats obtenus au cours des campagnes de 1966 et 1969 du bathyscaphe *Archimède*.

Références

ANONYME, 1972- Publications du Centre National pour l'Exploitation des Océans, série : Résultats des Campagnes à la mer, n° 03, 124 pp. (planches).

BIRSHTEIN, J.A., M.E. VINOGRADOV & Yu. G. CHINDONOVA, 1954- Vertical zonation of plankton in the Kuril-Kamchatka trench. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR*, 95 : 389-92.

Le DANOIS, E. 1948- Les profondeurs de la mer. Ed. Payot, Paris, 304 pp.

PÉRÈS, J.M. 1982- Marine Ecology. O. Kinne ed., vol. 5 (1), chap. 2 to 9.

PÉRÈS, J.M. 1986- Western Mediterranean, ed. by R. Margalef - *In: History of the Mediterranean Biota and colonization of the Depths*. Chap. 7, Pergamon Press, Oxford: 198-232,

PÉRÈS, J.M., J. PICARD & M. RUIVO, 1957- Résultats de la campagne de recherches du bathyscaphe F.N.R.S. 3 sur les côtes du Portugal. *Bull. Inst. oceanogr., Monaco*, 1092, 30 pp.

PERRIER, R. 1902- Expéditions du Travailleur et du Talisman. Holothuries: 273-554 (Planches).

WOLFF, T. 1971- Archimède Dive 7 to 4160 m, at Madeira : observations and collecting results. *Vidensk Meddr. dansk naturh. Foren.*, 134 : 127-147.