

UNE CONTRIBUTION FRANÇAISE AUX RECHERCHES ÉCOLOGIQUES EN MER PROFONDE : BILAN DES PLONGÉES EN BATHYSCAPHES

Lucien LAUBIER

IFREMER, 66 avenue d'Iéna, 75116 Paris

Summary. — *Diving with bathyscaphs : a French contribution to deep-sea ecology.* During some 25 years, from 1954 to 1969, Prof. J.M. Pérès made 22 dives in the deep sea equally shared between the two successive French bathyscaphs : « FNRS III » and « Archimède ». The FNRS III was limited to 4000 m and had no sampling gear; the Archimède had no depth limitation and was fitted with several types of sampling gears. The main results of Prof. Pérès's dives deal with depth distribution of benthic animals in relation to the substrate and the importance of suspended particulate matter. The following areas were investigated : the western Mediterranean, the North East and Central Atlantic (off Portugal, near the Azores and Madeira), and three different trenches (Japan and Kouriles trenches, Porto Rico trench and Matapan trench in the eastern Mediterranean). As a pioneer, Pérès described the main features of deep sea benthos up to 7220 m. He also contributed greatly in the appraisal of the French policy in deep sea oceanography.

Résumé. — Pendant environ 25 ans, de 1954 à 1969, le Prof. J.M. Pérès a effectué 22 plongées en mer profonde, également réparties entre les deux bathyscaphes français successifs : le « FNRS III » et l'« Archimède ». Le FNRS III ne dépassait pas 4000 m et était dépourvu d'engins de prélèvement; l'Archimède n'était pas limité en profondeur, et était équipé de plusieurs systèmes de prélèvement. Les principaux résultats obtenus par le Prof. Pérès ont trait à la répartition verticale des organismes benthiques, en relation avec la nature du substrat et l'importance des matières particulaires en suspension. Les régions suivantes ont été explorées : la Méditerranée occidentale, l'Atlantique Nord oriental et central (au large du Portugal, près des Açores et de Madères) et trois différentes fosses (la fosse du Japon et des Kouriles, la fosse de Porto Rico et la fosse de Matapan en Méditerranée orientale. Pérès a été le premier à décrire les principaux traits du benthos profond jusqu'à 7220 m. Il a eu également une grande influence sur le développement de la politique française en matière d'océanographie en mer profonde.

Lorsque l'ingénieur belge de Vos déposa auprès du Fonds National de la Recherche Scientifique (FNRS) de Belgique, en 1931, un projet de machine destinée à descendre à 10.000 m de profondeur, transposant le principe du ballon stratosphérique au domaine marin, il était certainement loin de se douter que son idée, profondément modifiée par le génie créateur du Professeur Auguste Piccard, inventeur du ballon stratosphérique, permettrait à quel-

ques océanographes biologistes français, près de 25 ans plus tard, de se livrer aux premières observations directes de la faune des grandes profondeurs océaniques. La machine imaginée par de Vos comportait une grande enveloppe remplie d'essence à laquelle une sphère résistante à la pression était suspendue par un filet. Un réservoir disposé sous la sphère contenait du mercure, dont le largage était commandé par le pilote par l'intermédiaire d'une vanne électrique. Le projet ne tenait visiblement aucun compte des caractéristiques physiques et mécaniques de l'océan, et il est évident que même par mer parfaitement calme, la mise à l'eau et la manœuvre d'un tel ensemble auraient été à peu près impossibles, sans tenir compte du coût du mercure utilisé. Quoiqu'il en soit, comme le souligne le Commandant Georges Houot (1971), il s'agissait bien, dans le principe, du premier bathyscaphe.

L'immense mérite d'Auguste Piccard n'est pas seulement d'avoir réuni flotteur et sphère dans un même système indéformable et d'avoir imaginé un grand nombre d'innovations technologiques remarquables (mise en équipression des batteries d'accumulateurs, sécurités positives en cas de défaillance de l'alimentation électrique, utilisation du plexiglas pour la réalisation du hublot d'observation de la sphère...), c'est aussi d'avoir su convaincre, par sa personnalité et ses succès antérieurs dans l'exploration de la haute atmosphère, les autorités scientifiques et gouvernementales belges d'entreprendre la construction du premier bathyscaphe, le FNRS II (le FNRS I était un ballon stratosphérique dont les passagers étaient enfermés dans une enceinte résistante les protégeant de la dépression, ballon inventé par Piccard pour l'étude des rayons cosmiques).

Le FNRS II comportait encore bien des imperfections : pendant son unique campagne d'essais au large de Dakar (octobre-novembre 1948), son flotteur s'est révélé incapable, lors d'un remorquage par mer houleuse, de résister aux chocs répétés des vagues. Il avait néanmoins le 26 octobre, emmené ses deux premiers passagers, Auguste Piccard et Théodore Monod, par 25 m de profondeur, et le 3 novembre, il atteignait sans dommage en plongée sur pilote automatique la profondeur de 1380 m (Monod, 1954a). On connaît la suite : une convention quadripartite franco-belge entre le FNRS, le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), la Marine Nationale et le Centre de Recherches et d'Études Océanographiques (CREO), confiée à la Marine Nationale la responsabilité entière de la construction d'un nouvel engin, le FNRS III, réutilisant la sphère (modifiée) du FNRS II. Ce FNRS III, conçu et réalisé sous la direction successive des ingénieurs du Génie maritime Gempp et Willm, effectua ses trois premières plongées en face de Toulon, avec G. Houot et P. Willm à bord, en août 1953, et atteint sans dommage 750, 1550 puis 2100 m (Houot, 1971). Le 24 septembre, il devient, aux termes de la convention précitée, propriété de la France. Dès

le 15 février 1954, il effectue à Dakar sa plongée record à 4050 m. L'ère de l'exploitation scientifique va commencer. Le Prof. Th. Monod (unique scientifique embarqué à bord du FNRS II de Piccard) effectuera deux plongées à 750 et 1400 m, en avril 1954, au large de Dakar, avant le retour en France du bathyscaphe. Il inaugure en même temps la liste des travaux scientifiques consacrés aux résultats des plongées des bathyscaphes (Monod, 1954b).

L'année 1954 marque l'essor de l'océanographie française vers la haute mer : deux chaires d'océanographie viennent d'être créées, au Museum National d'Histoire Naturelle à Paris et à la Faculté des Sciences de Marseille, cette dernière étant attribuée à Jean-Marie Pérès.

Une convention définissant les conditions d'exploitation scientifique du bathyscaphe FNRS III est signée entre le CNRS et la Marine Nationale le 3 mai 1954 : elle prévoit notamment la création d'un Comité scientifique du bathyscaphe, chargé d'établir, à partir des projets présentés par les océanographes de toutes disciplines, des programmes cohérents d'activité.

La présidence du Comité est confiée à Louis Fage; J.M. Pérès jouera un rôle majeur dans ce Comité, ce qui lui vaudra de succéder à L. Fage en 1960 lorsque ce dernier sera appelé à la présidence du Comité d'Exploitation des Océans (COMEXO) créé par la jeune Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique. J.M. Pérès présidera le Comité jusqu'à sa dissolution en 1969, consécutive à la création en avril 1967 du Centre National pour l'Exploitation des Océans (CNEXO).

La première réunion du Comité du bathyscaphe a lieu à Marseille, à la Station Marine d'Endoume, en juin 1954, en même temps que celle d'un autre Comité, créé à la même époque pour l'organisation des campagnes scientifiques en haute mer, rendues possibles grâce à l'affrètement de la « Calypso » du Commandant J.Y. Cousteau par le CNRS pour le compte de la communauté nationale. Outre la définition des programmes d'une série de campagnes de plongées pluridisciplinaires dans diverses régions de l'océan mondial, le Comité du bathyscaphe a su, très tôt, se préoccuper de l'avenir : en janvier 1957, il approuve le projet d'étude d'un nouveau bathyscaphe capable d'atteindre 10.000 m et disposant au fond d'une autonomie d'au moins dix milles marins. Ce projet ambitieux est rapidement concrétisé à travers une nouvelle convention entre le CNRS, la Marine Nationale et le FNRS belge, signée le 16 juin 1958. J.M. Pérès sut, avec le Prof. Pierre Drach, convaincre le Prof. Jean Coulomb, alors Directeur général du CNRS, d'engager l'établissement dans une nouvelle aventure scientifique. C'est également à l'initiative du Comité scientifique du bathyscaphe que le CNRS décida de créer un laboratoire d'instrumentation et de métrologie propre au bathyscaphe et indépendant du Groupe des Bathyscaphes de la Marine Nationale; certains des appareils conçus par ce laboratoire (filets à plancton à ouverture commandée, benne de prélèvement, carottier grand

diamètre à diaphragme) étaient destinés à la récolte d'organismes planctoniques ou benthiques.

Ainsi, dès 1960, on disposait en France d'un groupe opérationnel chargé de la mise en œuvre à la mer et de la maintenance du bathyscaphe (le Groupe des Bathyscaphes commandé par G. Houot), d'un laboratoire responsable de la conception et de l'exploitation des instruments scientifiques et d'une instance d'évaluation des projets et de définition des programmes de recherche.

A la même époque, alors que s'achevait la construction du nouveau bathyscaphe B 11.000 (l'« Archimède »), les océanographes biologistes découvraient la soucoupe plongeante du Commandant Cousteau, engin beaucoup plus maniable, mais limité à une profondeur de 300 m. Pérès (1960c) effectue une plongée sur la rive nord du golfe d'Ajaccio, le 3 février 1960, entre 40 et 182 m. Il observe les peuplements à *Vidalia volubilis* qui apparaissent vers 55 m, puis les vases à *Funiculina quadrangularis* à partir de 95 m; plus profondément, les *Virgularia* et les *Kophobelemnon* remplacent progressivement les funiculines qui disparaissent à 140 m, niveau de la rupture de pente. Pérès (1960c) relève les qualités manœuvrières de la soucoupe plongeante et sa faible inertie; la possibilité d'incliner la soucoupe de 30 à 40° par rapport à l'horizontale, par déplacement de mercure, est particulièrement intéressante pour les naturalistes (biologistes ou géologues) puisqu'elle permet d'amener le hublot d'observation à 25 cm de l'objet à examiner. Sur les lieux de plongée, la soucoupe est mise à l'eau à l'aide d'une grue hydraulique du navire porteur (en l'occurrence, la « Calypso »), ce qui confère à l'engin un rayon d'action sans commune mesure avec celui des bathyscaphes remorqués à vitesse lente jusqu'aux lieux de plongée. Cette plongée marque également une étape dans l'exploration des grandes profondeurs : le FNRS III est désarmé et l'Archimède est en cours d'achèvement. Mais il faudra attendre une douzaine d'années avant qu'apparaisse le premier submersible profond léger français, la Cyana.

Entre 1954 et 1969, J.M. Pérès a effectué 22 plongées également réparties entre le FNRS III et l'Archimède et faisant l'objet de nombreuses publications (Pérès, 1958 à 1972; Pérès et Picard, 1955 a et b; Pérès, Picard et Ruivo, 1957; Pérès et Ruivo, 1957). Seules, les deux plongées effectuées à bord de l'Archimède dans la fosse du Japon au cours de l'été 1967 n'ont pas donné lieu à publication et ce n'est que dans un travail consacré aux peuplements benthiques mondiaux qu'il en est fait mention (Pérès, 1982).

Contraintes techniques des bathyscaphes

Il n'est pas inutile de rappeler les conditions techniques et matérielles de travail à bord des deux bathyscaphes. Il n'existait à cette époque aucun système de navigation au fond et l'appareil de goniométrie acoustique utilisé sur le navire d'ac-

compagnement « Marcel Le Bihan » à partir de 1961 ne permettait qu'une localisation très grossière du bathyscaphe par rapport au navire; il était impossible d'en déduire le déplacement du bathyscaphe sur le fond.

C'est donc à partir des seules observations notées à bord du bathyscaphe pendant la plongée que l'on pouvait tenter de reconstituer le trajet de l'engin sur le fond, élément essentiel pour le géologue et pour le biologiste. Le plus souvent, ces tentatives de restitution du trajet s'avéraient infructueuses : la profondeur absolue était mesurée par un manomètre dont la sensibilité était de l'ordre de quelques millièmes en lecture directe et bien inférieure sur l'enregistreur graphique multi-voies qui constituait la centrale de mesures de l'Archimède (le FNRS III était dépourvu de tout système d'enregistrement de données). Les navires d'accompagnement des bathyscaphes, au moins pendant la période qui nous intéresse (1954-1969), étaient équipés de sondeurs de qualité médiocre en grande profondeur. Les plongées s'effectuaient sans connaissance précise du cadre topographique, inconvénient rédhibitoire, plus encore pour les pilotes que pour les observateurs scientifiques.

Pendant la plongée, le scientifique embarqué disposait de la commande du système photographique réalisé dès 1954 par le Prof. H. Edgerton. Ce matériel, remarquable pour l'époque, présentait quelques points faibles, en particulier le système d'alimentation électrique du flash situé dans la sphère et les incidents étaient fréquents (film mal engagé et ne se déroulant pas, partiellement ou totalement voilé lors de la recharge de l'appareil, etc.). Or on sait que l'absence de documents photographiques retire une grande partie de l'intérêt scientifique d'une plongée.

Au cours de la période FNRS III, l'observateur et le pilote devaient recourir uniquement au carnet de plongée pour noter leurs observations. L'Archimède a bénéficié de l'apparition des premiers petits magnétophones portables, mais le dépouillement des enregistrements n'était pas facile. Une observation précise des organismes rencontrés est le complément indispensable des photographies. Il faut dire que les échantillons prélevés au cours des plongées, qui auraient permis une identification certaine, faisaient cruellement défaut ! En effet, les bathyscaphes sont des engins trop peu maniables pour qu'il soit question de les placer avec la précision suffisante face à un objet vu sur le fond. Le FNRS III était en outre dépourvu d'appareils de prélèvements (si l'on fait abstraction des hameçons dont le Commandant Houot faisait volontiers usage... sans grand résultat il est vrai pour ce qui concerne les poissons profonds). L'Archimède, plus moderne, était équipé d'un pont roulant sur lequel un chariot pouvait se déplacer, selon deux dimensions perpendiculaires, couvrant une aire de six mètres carrés environ. Au chariot étaient fixés un carottier cylindrique de grand diamètre (une vingtaine de centimètres) à fermeture par diaphragme de forte toile et une benne à deux mâchoires prenantes. En pratique, des difficultés liées à la motorisation du pont roulant et

du chariot et à la position particulièrement exposée de l'ensemble en porte à faux à l'avant du bathyscaphe, rendaient son utilisation très délicate. L'Archimède a cependant pu effectuer quelques rares prélèvements d'organismes. Houot (1971) cite le cas d'une holothurie à queue (*Psychropotes* ?) prélevée en 1967 dans la fosse du Japon, spécimen probablement perdu à la remontée puisque Pérès (1982) n'en fait pas mention. En 1962, j'ai récolté, à 9200 m dans la fosse des Kouriles (Cherbonnier, 1964), une holothurie apode d'un centimètre de longueur, déjà obtenue par la « Galathea » dans le Pacifique, *Myriotrochus bruuni*. En 1969, lors de la campagne des Açores, plusieurs spécimens d'invertébrés sont recueillis à l'aide de la benne, des filets à plancton et d'un curieux aspirateur à benthos, en particulier deux espèces de pennatulaires (Carpine, 1972), sept espèces d'échinodermes (Sibuet, 1972), toutes déjà connues de l'Atlantique Nord. En dehors de ce bilan assez décevant, l'absence quasi-totale de possibilités de manipulations guidées par l'observateur a empêché tout développement d'expérimentation au fond, aussi simple fut-elle. Là encore, il faudra attendre l'arrivée des submersibles légers comme Cyana pour pouvoir réaliser les premières interventions au fond.

Résultats scientifiques principaux

La première période du FNRS III (1954-1959)

Bien que n'étant pas spécialiste du zooplancton ou des poissons bathypélagiques, J.M. Pérès s'est toujours attaché, au cours de ses différentes plongées, à décrire et identifier avec le maximum de précision les organismes pélagiques les plus fréquents en estimant dans la mesure du possible leur distribution verticale.

La synthèse des plongées réalisées en Méditerranée et dans le proche Atlantique avec le FNRS III (Pérès, 1958d) est particulièrement intéressante de ce point de vue; la distribution verticale des méduses (*Solmissus*, *Solmaris*, *Periphylla*, etc.) des crevettes sergestides, des poissons meso et bathypélagiques (*Argyropelecus*, *Paralepis*, Myctophidae variés) est analysée avec soin, l'auteur faisant preuve, par rapport à d'autres observateurs, d'une louable prudence dans la quantification de ses observations. Il décrit également certaines postures surprenantes, telles que la position des méduses du genre *Solmissus*, les tentacules vers le haut, ou la nage verticale des *Paralepis*; enfin, il est le premier à observer à proximité du fond une grande espèce de Tomopteridae mesurant plusieurs décimètres de longueur et qui ne correspond à aucune des formes décrites actuellement. Aujourd'hui si on les compare aux résultats obtenus grâce aux filets pélagiques remorqués à grande vitesse tel le filet Isaacs Kidd), ces observations apparaissent évidemment très ponctuelles.

Une observation de portée plus générale, notée dès les premières plongées du FNRS III, mérite d'être soulignée : il s'agit de la « soupe » ou « neige » (marine snow), termes imagés utilisés pour décrire les particules et les filaments divers en suspension dans l'eau de mer mis en évidence par

l'éclairage du bathyscaphe et dont l'abondance relative et la taille varient selon la profondeur. Curieusement, sans doute parce qu'ils plongeaient dans une eau moins riche au large des Bermudes, peut-être aussi parce que l'orientation des projecteurs par rapport au hublot d'observation n'était pas la même, ni William Beebe avec sa bathysphère, ni Otis Barton avec son benthoscope (qui atteint la profondeur de 1370 m en 1948), n'avaient signalé ce fait qui frappera observateurs et pilotes à bord des bathyscaphes. Pérès et Picard (1956) avaient déjà décrit des particules sphériques de taille d'un pois et des filaments disparaissant dès 250 m de « nature assez mystérieuse ». La vitesse de descente du bathyscaphe (à la remontée, les observations sont perturbées par le sillage du flotteur et par le fait qu'il est le plus souvent à une température plus basse que la température ambiante à la suite du refroidissement au fond) ne permet pas de savoir si ces particules ont ou non un mouvement propre. Quelques années plus tard, Pérès (1959a) évoque à nouveau la « pluie organique » dans la fosse du Japon, zone particulièrement bien choisie puisque s'y affrontent deux grands courants océaniques, l'un superficiel, l'autre profond, le Kuro-shio et l'Oya-shio. Curieusement, au cours des premières plongées du FNRS III, les observateurs constatent de manière régulière lors de l'arrivée sur le fond l'existence d'une couche d'eau de quelques 10 m d'épaisseur, où les particules font totalement défaut. L'interprétation de cette « couche de cristal » sera apportée rapidement par un physicien belge, le recteur Dubuisson de l'Université de Liège : la soi-disant disparition des particules est liée à l'apparition d'un éclaircissement réfléchi par le fond à l'approche du bathyscaphe, créant une ambiance plus claire qui fait disparaître aux yeux des observateurs la lumière diffusée par les particules. A cette époque, personne ne pressent pleinement le rôle essentiel que jouent certaines catégories de particules dans le transfert vertical de la matière organique synthétisée en surface jusqu'aux plus grandes profondeurs.

J.M. Pérès prenait également soin, du moins au cours des premières plongées, de noter les informations concernant la température de l'eau et il a publié des courbes température/profondeur. Ces résultats demeurent évidemment ponctuels, mais J.M. Pérès en souligne l'intérêt :

« Peut-être (...) nos successeurs souriront-ils de telle ou telle de nos observations. Qu'ils essayent de comprendre que cette méthode de prospection, qui sera devenue banale pour eux, a été pour les biologistes de notre époque une étonnante nouveauté et que nos observations, si imprécises et erronées fussent-elles, auront été le début du chemin qui devait conduire à leur découverte » (Pérès, 1958b).

Les principaux apports des plongées des bathyscaphes concernent la bionomie benthique et la biogéographie des invertébrés et des poissons ben-

thiques profonds. En dehors des plongées effectuées en Méditerranée occidentale, où le choix des sites résulte le plus souvent de considérations logistiques (proximité de Toulon ou de la rade de Villefranche-sur-Mer par exemple), il faut souligner le rôle joué par les peuplements benthiques et les facteurs morpho-structuraux dans le choix des zones de plongées : au large du Portugal, il s'agit de comparer la faune du canyon du Nazaré avec celle des zones adjacentes à profondeur équivalente. Au Japon, J.M. Pérès prévoit que les gradients physico-chimiques intenses résultant de l'affrontement des deux grands courants superficiel et profond de sens contraire ont sur les peuplements profonds sous-jacents une influence bénéfique en accroissant localement les apports nutritifs. La fosse de Matapan, au Sud du Péloponèse, est la région la plus profonde de Méditerranée : abrite-t-elle une véritable faune abyssale, à peu près inexistante dans cette mer ? Le choix de situations extrêmes permettant de comprendre le rôle de tel ou tel facteur vient souvent renforcer l'argumentation. Mais, en particulier dans le cas des campagnes de l'Archimède, les arguments du biologiste convergeaient avec ceux du géologue ou du physicien permettant la réalisation de campagnes pluridisciplinaires. A l'heure actuelle, on imaginerait mal de plonger dans des zones inexplorées, sans disposer auparavant d'un certain nombre de renseignements obtenus à partir d'un navire de surface. J.M. Pérès avait conscience de cette difficulté, alors insurmontable pour les plus grandes profondeurs, faute de navire approprié. Dans le cas du Portugal, il sera possible, un an après le passage du FNRS III, d'effectuer une campagne à bord d'un navire portugais, le « Faial » et de mener à bien des opérations complétant dans une certaine mesure les observations faites à partir du bathyscaphe. Ce sera malheureusement un cas unique.

Les premières plongées en Méditerranée occidentale ont lieu par petite profondeur. Pérès et Picard (1955a et b) explorent la biocénose des fonds détritiques du large, décrivent les faciès à *Leptometra phalangium* et *Dentalium agile* à 130 m de profondeur et explorent la partie supérieure du canyon de Toulon jusqu'à 380 m. Un an plus tard, Pérès et Picard (1956) abordent en Méditerranée l'étude des peuplements de la vase profonde. Les accumulations de tests morts de Pteropodes pélagiques frappent les deux biologistes qui découvrent également des thalassocénoses quaternaires à *Chlamys septemradiata*. Les trous (10 à 15 au mètre carré en moyenne) abondent et les « taupinières » ne manquent pas, signes d'une vie benthique moins appauvrie qu'on ne le pensait. C'est en référence à ces observations que seront définis le faciès à *L. phalangium* des fonds détritiques du large et les peuplements de la vase profonde méditerranéenne à *Abra longicallus* et

D. agile dans les deux éditions du classique « Manuel de bionomie benthique méditerranéenne ».

C'est au large des côtes portugaises que J.M. Pérès découvrira la richesse et la variété de la faune atlantique profonde en été 1956. Les conditions météorologiques conduiront à renoncer au canyon de Nazaré et c'est dans la partie supérieure du canyon de Setubal et au large du cabo de Roca, à l'Ouest de Lisbonne, que se dérouleront, entre 600 et 2200 m, les six plongées de la campagne portugaise (Pérès et al., 1957). La liste des invertébrés et des poissons identifiés avec certitude est longue, accompagnée de croquis d'animaux dans des postures caractéristiques et de références zoologiques. La richesse de la faune frappe les trois observateurs, en particulier dans la zone mésobathyale (explorée au cours de deux plongées à 1680 et 2200 m), nettement plus riche que les peuplements épibathyaux situés pourtant à moindre profondeur. Cet enrichissement de la faune benthique aux alentours de 2000 m est un fait aujourd'hui considéré comme bien établi sur les côtes ouest et nord de la péninsule ibérique, sans que l'on sache l'interpréter (G. Boillot, comm. pers.).

Curieusement, les substrats rocheux, lorsqu'ils existent, sont pratiquement dépourvus d'épifaune. Les poissons sont plus variés et plus abondants qu'en Méditerranée; *Halosaurus johnsonianus* est particulièrement commun. Dans la zone épibathyale, les biologistes font une observation intéressante sur le mode de vie de la langoustine *Nephrops norvegicus*, observation qui, à l'époque, passera totalement inaperçue des spécialistes de la pêche de cette espèce et sera redécouverte quelques vingt années plus tard sur les côtes irlandaise : « Enfin à deux reprises, a été vu *Nephrops norvegicus*; les deux fois, l'animal était enfoncé dans une sorte de terrier et dont dépassait seulement la partie antérieure du céphalo-thorax et les pinces » (Pérès et al. 1957). De cette campagne au Portugal, Pérès (1958a et b) conservera le souvenir d'une faune très riche, contrastant avec la pauvreté des profondeurs méditerranéennes. Beaucoup plus tard (Pérès, 1982), il reviendra sur l'hétérogénéité des peuplements de la zone bathyale et, à la suite notamment des résultats de G. Rowe sur les peuplements des canyons des côtes de Nouvelle Angleterre, il distinguera trois contingents faunistiques : les espèces propres au canyon, les espèces caractéristiques de la partie supérieure de la pente et enfin les espèces présentes indifféremment dans les deux zones. Cette notion d'hétérogénéité des peuplements bathyaux constitue un domaine de recherche actuel : s'il est vrai que la nature du substrat intervient dans la composition de ces contingents faunistiques, d'autres facteurs tels que la stabilité des structures sédimentaires superficielles dans les canyons et sur les pentes adjacentes, ou les phénomènes d'enrichissement local produit par les

remontées d'eau profonde guidées par les accidents topographiques majeurs, doivent également jouer un rôle aujourd'hui mal élucidé.

L'année 1958 est marquée par la campagne du FNRS III dans la fosse du Japon. Pérès (1959a) plonge à deux reprises à 1000, puis 1610 m de profondeur, en compagnie de six scientifiques japonais qui effectueront chacun une plongée (il n'a pas été possible de retrouver, si elles existent, les publications préparées par ces derniers). Les deux plongées de J.M. Pérès sont, de son propre aveu, les plus fructueuses et les plus intéressantes qu'il lui ait été donné d'accomplir. Sédiments meubles et substrats rocheux alternent régulièrement sur la pente interne de la fosse du Japon. Sur les sédiments meubles, à 1000 m, Anthozoaires et Echinodermes dominant (*Veretillum*?, cérianthes, *Ceramaster*, Ple-siasteridae); plus profondément, les mêmes groupes abondent, avec des représentants différents (funiculines sur lesquelles sont fixées les *Asterionyx*, *Helio-metra*, *Amphiura* et un curieux *Corallium*). La « pluie organique », qui remplace dans le texte la « neige marine » de Méditerranée et du proche Atlantique, est très abondante. Le changement de terme laisse pressentir l'importance de la fonction de vecteur énergétique de cette chute de particules. Aussi bien la richesse des peuplements benthiques est très frappante, à 1000 comme à 1610 m. Sur les substrats rocheux, les invertébrés sessiles abondent, mais le recouvrement n'est pas total. A 1000 m, les anthozoaires dominant numériquement sur les Echinodermes; l'inverse se produit plus profondément. L'absence presque totale de crustacés benthiques est remarquable. La bioturbation est intense et les courants de fond atteignent 5 à 10 cm par seconde.

La seconde période de l'Archimède (1964-1969)

Avec la mise en service de l'Archimède à l'automne 1961, la conquête des plaines abyssales et des fosses hadales (ultra-abyssales) devient possible. J.M. Pérès, à la même époque, s'intéresse particulièrement aux nombreuses questions que posent les peuplements hadaux, en particulier à travers les relations suivies qu'il entretient avec l'école des biologistes marins de l'Institut d'Océanologie de l'Académie des Sciences d'URSS qui, sous l'impulsion de Zenkevich et de Filatova, poursuit avec les travaux zoologiques et biogéographiques de Belyaev, Birshtein, Levenstein et bien d'autres, l'étude des fosses hadales du Pacifique occidental. En tant que Président du Comité du bathyscaphe, J.M. Pérès est informé des résultats principalement techniques de la campagne d'essai de 1962 dans la fosse des Kouriles (Delauze et Pérès, 1963).

Il est bien dommage qu'aucun biologiste n'ait pu participer à la plongée la plus profonde, à 9500 m, effectuée le 25 juillet 1962

avec le Prof. Sasaki à bord : des photographies devenues classiques (cf. par exemple Frasson, 1983) montrent un champ d'une forme inconnue d'octocoralliaire voisine des umbellules, accompagnée çà et là de débris de grande taille plus ou moins nettement articulés. La biomasse d'un tel peuplement constitue vraisemblablement un record à une telle profondeur.

C'est dans la fosse de Porto-Rico que l'Archimède effectuera sa première grande campagne, en 1964, avec la collaboration de plusieurs organismes et laboratoires américains. Au cours d'une première plongée à 7200 m sur fond vaseux, Pérès (1965) aborde pour la première fois l'étude de la zone hadale. Il observe l'abondance d'un poisson Liparidae (*Careproctus*), d'holothuries élasipodes et apodes (*Myriotrochus*) et note la présence d'un *Nematocarcinus* et d'un grand isopode indéterminé. Une seconde plongée à 3100 m sur fond rocheux est moins fructueuse : absence totale d'épifaune, quelques rares poissons et une holothurie synallactide sont observés sur des sables vaseux adjacents. Rien à voir avec la richesse de l'épifaune observée quelques années auparavant au large du Japon.

Après la fosse de Porto-Rico, la campagne suivante en 1965 vise une cible plus proche : le système des fosses helléniques, dans la région de l'île de Sapientza. Pérès (1968) fait deux plongées, 3 000 et 2 880 m sans atteindre le fond de la fosse. P. Drach et J. Picard, pour la biologie, font également partie de l'expédition. Au cours de l'une des plongées, l'Archimède parcourt une falaise nue et subverticale sur plus de 500 m, de 2 320 à 2 880 m. Pendant la première plongée, un poisson Macrouridae et une crevette Penaeidae (*Aristeomorpha* ?) sont observés. Picard (1968) décrit au fond de la fosse de Matapan, par plus de 4 000 m, des dépressions régulièrement circulaires qui pourraient être formées par le proboscis d'un échiurien lors de sa quête de nourriture. De nombreuses observations ont confirmé depuis que les échiuriens abyssaux présentaient fréquemment ce type de comportement : une photographie prise récemment dans la fosse du Japon a révélé la présence, au centre de telles dépressions, d'un individu de la forme hadale *Torbenwolffia* (M. Horikoshi, in litt.). L'interprétation de J. Picard était donc vraisemblablement exacte, bien que nos connaissances n'aient pas progressé depuis sur les échiuriens profonds de Méditerranée. Drach (1968), au cours de la même campagne, élabore une classification détaillée des formes de relief créées par l'activité biologique et distingue sept catégories principales : tumuli en calotte sphérique, perforés ou non; tumuli coniques; petits tubes verticaux; petits cercles clairs avec orifice central; orifices sur fond plat; orifices sur fond plat marqué d'une trainée triangulaire de sédiment clair; traces sinueuses. Pérès (1960b) avait déjà distingué à profondeur moyenne en méditerranée occidentale trois types de traces : les trous, les tumuli et les pistes. Dans un cas

comme dans l'autre, il est impossible de rattacher tel ou tel type de trace à une espèce, voire à un genre ou même un groupe animal particulier. Quoiqu'il en soit, ces observations très précises fournissaient une base précieuse pour l'interprétation des photographies prises en grande profondeur par les troïkas et les cadres photographiques suspendus verticalement et on comprend mal que ces travaux n'aient jamais été cités ensuite par les auteurs américains.

Dans le proche Atlantique, l'Archimède effectuera encore deux campagnes pluridisciplinaires de plongées, à Madère en 1966 et aux Açores (Sao Miguel) en 1969 : J.M. Pérès, à la fois comme Président du Comité du bathyscaphe et comme chercheur, participe activement à la préparation et à la réalisation de ces deux expéditions (Pérès, 1972a et b). A Madère, il plonge à 2250 et 3 410 m. P. Drach, le Dr. G.E. Maul, ichtyologue du Musée de Funchal, et T. Wolff participent aussi à cette campagne. J.M. Pérès note l'importance des apports sestoniques (effet d'île, à cette époque insoupçonné). Les gorgonaires et les crinoïdes abondent sur les substrats rocheux. En profondeur, les formes suspensivores (*Kophobelemnion*, *Euplectella*, *Rhizocrinus rawsoni*) se raréfient et les formes limivores deviennent plus nombreuses (*Parapagurus pilosimanus* avec *Epizoanthus*, *Ophiomusium*, etc.). Certains sédiments présentent un contenu élevé en sulfures : ces apports jouent peut-être un rôle trophique d'appoint par rapport à la production primaire de surface (à cette époque, les extraordinaires peuplements des sources hydrothermales de l'axe de la dorsale du Pacifique oriental sont inconnus). La campagne à Madère est aussi l'occasion de vérifier que certains poissons sont effrayés par le bathyscaphe et en particulier par la lumière et le bruit : c'est le cas du célèbre « pes espada », *Aphanopus carbo*, que les pêcheurs de Madère prennent sur des fonds de 1000 à 1500 m avec des palangres de près de deux kilomètres. Au même endroit et en même temps, l'Archimède plonge pendant qu'un pêcheur dispose ses lignes de fond. Ce dernier capturera plusieurs *A. carbo*, mais aucun poisson ne se montrera aux observateurs du bathyscaphe. Le mode de vie de cette espèce, que l'on rencontre en pleine eau par 1 000 à 1 500 m au-dessus de fonds de 4 500 m dans le golfe de Gascogne, explique peut-être son absence au fond. Trois ans plus tard, aux Açores, Pérès (1972b) effectue trois plongées à 2 100, 2 300 et 3 070 m, plusieurs plongées étant faites par d'autres biologistes marins français et portugais (P.M. Arnaud, C. Carpine, L. Laubier, L. Saldanha et H. Zibrowius) et par un géologue (J. Debyser). Sur les fonds rocheux, on observe de très nombreux spongiaires, des échinodermes et des anthozoaires plus rares. Des groupements d'individus en îlots suggèrent que le relief en gradins très accidentés des

roches volcaniques joue un rôle dans la distribution des organismes. Mais les observations révèlent une microdistribution beaucoup plus complexe que ne le laissent prévoir les schémas simplificateurs proposés par Sokolova (1959). En profondeur, par 3 000 m environ, abondent spongiaires hyalosponges (trois familles sont représentées : les Hyalonematidae, les Euplectellidae et les Pheronematidae) et Holothuries élasipodes (*Benthodytes*, *Peniagone*). Entre 2 000 et 3 000 m, la densité des peuplements diminue rapidement et un renouvellement des espèces se manifeste chez les hyalosponges et les holothuries élasipodes. La zone mésobathyale, comme au Portugal, est la plus richement peuplée.

Au cours de l'été 1967, l'Archimède aura une nouvelle et dernière occasion de plonger dans la zone hadale, dans la fosse du Japon, près de la région où avait déjà plongé, mais à profondeur moyenne, le FNRS III en 1958. Au cours de cette campagne, Pérès (1982) effectue deux plongées à 5 040 et 7 220 m sur le flanc interne de la fosse du Japon. P. Drach et l'ichtyologiste japonais Abe font également partie de l'expédition pluridisciplinaire puisque cinq plongées sur un total de neuf seront consacrées aux sciences de la terre. A 5 000 m, J.M. Pérès observe un substrat rocheux en pente de 15 à 20° sur lequel se développent quelques colonies de *Scirpearia*. A 7 220 m, sur un fond de sédiment, des éponges, une holothurie du genre (*Elpidia*), un amphipode et plusieurs crevettes blanchâtres témoignent d'une certaine diversité et d'une grande richesse. A cette époque, les crustacés décapodes n'étaient pas connus au-delà de 6 500 m environ. Un poisson Liparidae analogue aux individus rencontrés dans la fosse de Porto-Rico est aussi observé (*Careproctus* ?).

L'ensemble des résultats principalement écologiques obtenus grâce aux deux bathyscaphes français par les biologistes marins qui ont eu l'occasion de plonger figure en bonne place dans le chapitre « Major benthic Assemblages » qu'a rédigé J.M. Pérès (1982) pour le traité d'Écologie marine d'Otto Kinne. Cette vaste synthèse a l'avantage de situer les apports des campagnes des bathyscaphes dans le contexte mondial de progression des connaissances.

Sur un total de 362 références concernant les peuplements marins dans leur ensemble, depuis l'étage supralittoral jusqu'à l'étage hadal, une quinzaine de références ont trait aux résultats des plongées des bathyscaphes. C'est peu, mais c'est beaucoup si l'on compare ce chiffre aux quelques soixante références traitant des peuplements du système aphotique.

Après 1969 et la campagne des Açores, le bathyscaphe ne sera plus utilisé à des fins scientifiques, au moins durant quelques années. La recherche de deux sous-marins militaires au large de Toulon (la « Minerve », perdue le 27 janvier 1968 et l'« Eurydice »,

le 4 mars 1970) occupera le bathyscaphe, enfin équipé d'un sonar panoramique détecteur d'obstacles dans le plan horizontal, pendant deux saisons de plongée. En même temps, le Comité du bathyscaphe disparaît. Quant au CNEXO, encore jeune et qui cherche à s'affirmer, il se révèle plus soucieux de recherche appliquée que de recherche fondamentale et s'intéresse davantage à la mise au point de la soucoupe 3000 qui deviendra la Cyana, qu'à la valorisation d'un engin dont on peut objectivement apprécier, après une quinzaine d'années d'existence, les qualités et les défauts.

Quelques années plus tard, le bathyscaphe Archimède participera avec succès à l'opération FAMOUS (French American Mid Ocean Underwater Survey) au Sud-Est des Açores, sur la dorsale médio-atlantique, en compagnie de deux submersibles légers de seconde génération, la Cyana française et l'Alvin américain. Rompant avec l'habitude, cette opération lourde est conçue et conduite par des géologues et des géophysiciens. La pluridisciplinarité qui était de règle au cours des campagnes de l'Archimède est délaissée. Je suis de ceux qui croient, comme J.M. Pérès, aux bienfaits d'une pluridisciplinarité bien comprise, s'agissant d'océanographie, ne serait-ce que pour des raisons logistiques et financières. Mais il est vrai qu'en l'absence d'échanges au plan conceptuel entre les diverses disciplines parties prenantes, la pluridisciplinarité ne peut survivre longtemps. A cet égard, J.M. Pérès, comme membre ou président du Comité du bathyscaphe, et comme participant aux campagnes de plongées, a toujours manifesté un intérêt réel pour les travaux que menaient les spécialistes des autres disciplines et a toujours su faire partager son enthousiasme pour la recherche de la vie dans les grandes profondeurs marines. Il s'est même intéressé à la sédimentologie au point de faire connaître lui-même certaines observations concernant par exemple l'instabilité des vases bathyales méditerranéennes à partir des plongées du FNRS III.

L'élan donné à l'écologie et la biologie abyssales dans notre pays par les deux bathyscaphes a été durable. Pendant une dizaine d'années, qui correspond grosso modo à la décennie 1970, les équipes françaises se sont attachées à travailler à partir des grands navires océanographiques modernes (N.O. « Jean Charcot » en particulier). Déjà, les américains utilisaient l'Alvin pour étudier la vitesse de déroulement des processus biologiques dans les grands fonds et obtenaient des résultats préliminaires intéressants (consommation très faible d'oxygène au niveau du sédiment, activité bactérienne réduite, recolonisation très lente de sédiment et de bois défauné). Ainsi, la phase descriptive était dépassée, sans d'ailleurs être totalement abandonnée. En

France, l'utilisation du submersible Cyana pour des programmes fondés sur l'expérimentation au fond a été envisagée à partir de 1980 et une première campagne a pu être organisée en 1983 après des essais techniques en Méditerranée. En même temps, la découverte des peuplements associés aux sources hydrothermales profondes situées sur l'axe de la dorsale du Pacifique oriental est venue donner une nouvelle impulsion. A plus long terme, les programmes français d'utilisation de submersibles devraient connaître de nouveaux et importants développements avec l'entrée en service à partir de 1985 du nouveau submersible capable d'atteindre 6 000 m, le Nautille. Doté de deux bras télémanipulateurs et d'un panier de prélèvement à agencement modulable, cet engin offrira de nouvelles possibilités de travail et d'utilisation de matériels d'expérimentation et de prélèvements plus performants. Les premières plongées consacrées à l'écologie abyssale pourraient intervenir dès 1986. Cette étape est à notre portée. Encore faut-il que notre communauté nationale de biologistes et d'écologistes marins, écartelée entre les sciences de la vie et les sciences de l'univers (qui comprennent l'océanographie dans son ensemble), sache oublier ses particularismes et comprendre, comme l'ont compris des hommes tels que J.M. Pérès, que la force d'une communauté scientifique, au-delà des exigences de qualité, résulte bien plus de la force de chacune de ses composantes que de ses capacités à accepter ou subir les choix qui lui sont proposés.

RÉFÉRENCES

- Carpine C.**, 1972. Pennatulaires récoltés aux Açores en 1969 par le bathyscaphe « Archimède ». *Publ. CNEXO (Sér. Res. Camp. Mer)*, 03-1972 : 103-107.
- Cherbonnier G.**, 1964. *Myriotrochus bruuni* Hansen, Holothurie Apode récoltée en 1962 par le bathyscaphe « Archimède » dans la fosse du Japon. *Vie Milieu, Suppl.* 17 : 169-172.
- Delauze H., Pérès J.M.**, 1963. Aperçu sur les résultats de la campagne au Japon du bathyscaphe « Archimède ». *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 45 (Bull. 30) : 3-8.
- Drach P.**, 1968. Observations topographiques et biologiques effectuées dans la fosse de la mer Ionienne au S.-W. de l'île de Sapienza (plongées GR1, GR2, GR3 de la campagne de Grèce 1965 de l'« Archimède ». *Ann. Inst. océanogr.*, Paris, 46 (1) : 35-40.
- Frasson C.**, 1983. Entretiens avec Jean-Marie Pérès. *Rev. Fond. océanogr. Ricard*, 6 : 2-18.
- Houot G.**, 1971. Vingt ans de bathyscaphe. Paris, Arthaud (Coll. Mer) : 255 pp.
- Laban A., Pérès J.M., Picard J.**, 1963. La photographie sous-marine profonde et son exploitation scientifique. *Bull. Inst. océanogr.*, Monaco, No. 1258 : 1-32.
- Monod T.**, 1954a. Bathyfolages. Paris, Julliard : 235 pp.
- Monod T.**, 1954b. Sur un premier essai d'utilisation scientifique du bathyscaphe « FNRS III ». *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 238.
- Pérès J.M.**, 1958a. Trois plongées dans le canyon de Sicié effectuées avec le bathyscaphe « FNRS III » de la Marine Nationale, *Bull. Inst. océanogr.*, Monaco, No. 1115 : 1-21.
- Pérès J.M.**, 1958b. Remarques sommaires sur l'emploi du bathyscaphe pour les investigations biologiques d'après les résultats de neuf plongées en Méditerranée et en Atlantique. *Rapp. Proc. verb. CIESMM*, 14 : 503-507.
- Pérès J.M.**, 1958c. Le bathyscaphe français FNRS III à l'avant-garde de l'exploration directe des grands fonds sous-marins. *Rév. gén. Sci.*, Paris, 65 : 273-276.
- Pérès J.M.**, 1958d. Remarques générales sur un ensemble de 15 plongées effectuées avec le bathyscaphe « FNRS III ». *Ann. Inst. océanogr.*, Paris, 35 (4) : 259-285.
- Pérès J.M.**, 1959a. Deux plongées au large des côtes du Japon avec le bathyscaphe français « FNRS III ». *Bull. Inst. océanogr.*, Monaco, No. 1134 : 1-28.
- Pérès J.M.**, 1959b. Plongées biologiques en bathyscaphe. *Proc. XVth int. Congr. Zool.*, London, 1958 : 213-215.
- Pérès J.M.**, 1959c. Observations en bathyscaphe de l'instabilité des vases bathyales méditerranéennes. *Rec. Trav. Sta. mar. Endoume*, 29 (Bull. 17) : 3-4.
- Pérès J.M.**, 1960a. Le bathyscaphe, instrument d'investigation biologique des mers profondes. *Ibid.*, 33 (Bull. 20) : 17-25.
- Pérès J.M.**, 1960b. Observations sur les sédiments à partir du bathyscaphe « FNRS III » ou par photographies profondes. *Ibid.*, 33 (Bull. 20) : 25-27.
- Pérès J.M.**, 1960c. La « soucoupe plongeante », engin de prospection biologique sous-marine. *Deep-Sea Res.*, 7 (3) : 208-214.
- Pérès J.M.**, 1965. Aperçu sur les résultats de deux plongées effectuées dans le ravin de Porto-Rico par le bathyscaphe « Archimède ». *Ibid.*, 12 : 883-891.

- Pérès J.M.**, 1966. Le rôle de la prospection sous-marine autonome dans les recherches de biologie marine et d'océanographie biologique. *Experientia*, Basel, 22 (147) : 1-8.
- Pérès J.M.**, 1968. Observations effectuées à bord du bathyscaphe « Archimède » dans la fosse située au S.-W. de l'île de Sapienza (Mer Ionienne) (campagne Grèce 1965, plongées GR9 et GR10). *Ann. Inst. océanogr.*, Paris, 46 (1) : 41-46.
- Pérès J.M.**, 1972a. Observations effectuées dans les parages de Madère au cours de deux plongées du bathyscaphe « Archimède ». *Publ. CNEXO (Sér. Rés. Camp. Mer)* 03-1972 : 27-43.
- Pérès J.M.**, 1972b. Mission 1969 du bathyscaphe « Archimède » aux Açores. Observations faites au cours des plongées 12, 13 et 14. *Ibid.*, 03-1972 : 73-88.
- Pérès J.M.**, 1982. Major benthic assemblages, pp. 373-522, in : Kinne O., ed., marine ecology, Vol. 5 (1). Wiley Intersci. Publ.
- Pérès J.M., Picard J.**, 1955a. Observations biologiques effectuées avec le bathyscaphe FNRS III. *C.R. Acad. Sci.*, Paris, 240 : 2255-2257.
- Pérès J.M., Picard J.**, 1955b. Observations biologiques effectuées au large de Toulon avec le bathyscaphe FNRS III de la Marine Nationale. *Bull. Inst. océanogr.*, Monaco, No. 1061 : 1-8.
- Pérès J.M., Picard J.**, 1956. Nouvelles observations biologiques effectuées avec le bathyscaphe FNRS III et considérations sur le système aphotique de la Méditerranée. *Ibid.*, No. 1075 : 1-10.
- Pérès J.M., Picard J., Ruivo M.**, 1957. Résultats de la campagne de recherche du bathyscaphe « FNRS III » organisée par le Centre National de la Recherche Scientifique sur les côtes du Portugal. *Ibid.*, No. 1092 : 1-31.
- Picard J.**, 1968. Observations biologiques effectués à bord du bathyscaphe « Archimède » dans l'une des fosses situées dans le Sud du cap Matapan. *Ann. Inst. océanogr.*, Paris, (N.S.) 46 (1) : 47-51.
- Sibuet M.**, 1972. Echinodermes récoltés lors de la mission du bathyscaphe « Archimède » aux Açores en 1969. *Publ. CNEXO, Sér. Rés. Camp. Mer*, 03-1972 : 121-123.

Reçu le 15 novembre 1984

Accepté le 6 mars 1985