

Utilisation du submersible CYANA pour l'étude du macroplancton fragile

Philippe Laval

URA 716 du CNRS - Observatoire océanologique de Villefranche
Station zoologique - B.P. 28 - 06230 Villefranche-sur-Mer

Mots-clés : macroplancton - milieu pélagique - échantillonnage - flux de matière organique

Résumé. Les submersibles habités constituent le seul moyen d'étude des organismes macroplanctoniques fragiles en profondeur. L'utilisation de ce moyen lourd se justifie par l'importance croissante accordée à cette partie de l'écosystème planctonique dans les transformations de la matière organique particulaire. L'observation, le dénombrement et la collecte de ces animaux transparents, mobiles et très délicats pose de nombreux problèmes techniques, pour lesquels la plupart des submersibles, conçus pour un travail près du fond, ne sont pas adaptés. Les résultats intéressants obtenus en essayant d'adapter les moyens existants montrent l'intérêt qu'il y aurait à intégrer ces spécificités dans le cahier des charges d'un futur engin.

Abstract. *The gelatinous macroplanktonic organisms living in the deep sea can only be studied with manned submersibles. There is presently in increasing interest in the study of the role of this part of the pelagic ecosystem, because they are strongly involved in the transformation of the particulate organic matter. Their transparency, small size and mobility present technical challenges, unanticipated by the designers of the first submersibles, aimed at the sea bottom observation. Despite these limitations, the use of conventional submersibles has brought very interesting results. It is hoped that engineers will take into account the requirements of pelagic observations in the design of future submersibles.*

Introduction

L'expression "macroplancton fragile" désigne une partie des organismes du plancton, d'une taille allant du centimètre à quelques décimètres, caractérisés par leur délicatesse de formes, leur transparence. Le terme anglo-saxon correspondant est *gelatinous macroplankton*; il rend compte de leur aspect à la sortie d'un filet à plancton, quand il reste quelque chose.

En effet ces organismes sont très mal échantillonnés par les moyens classiques d'étude du plancton. Leur haute teneur en eau, l'absence de formations rigides font qu'il ne reste souvent qu'un résidu gélatineux à étudier au laboratoire. Ils se prêtent donc mal aux études écologiques, qui demandent une détermination taxinomique précise et des dénombrements. On ne s'étonnera pas qu'ils aient été négligés pendant longtemps en écologie planctonique, d'autant plus qu'ils sont souvent numériquement peu abondants par rapport aux petits Crustacés qui forment la plus grande partie des récoltes.

Importance du macroplancton fragile

L'importance de ces organismes n'a jamais fait de doute pour les chercheurs placés dans des conditions extrêmement favorables, comme au laboratoire de Villefranche, où la topographie très particulière de la rade permet la récolte en surface d'animaux qu'on ne trouve habituellement qu'au large et en profondeur. De nombreuses études de systématique; des élevages de certaines espèces ont pu y être réalisés depuis le début du siècle. Il manquait cependant à ces chercheurs la preuve qu'il existait des communautés importantes de ces organismes plus au large. Pour la plupart des planctonologistes, cependant, ces animaux avaient une faible importance écologique, puisqu'ils n'en rencontraient pratiquement pas dans leurs échantillons. La prise de conscience de l'intérêt de ces organismes est venue de plusieurs directions.

Le mérite d'une approche *in situ* du problème revient à des chercheurs américains, notamment Hamner et ses collègues (Hamner *et al.*, 1975), qui ont employé la plongée en scaphandre autonome, en pleine eau et au large, depuis des navires océanographiques. Ils ont rapidement découvert la présence d'organismes abondants là où un filet à plancton ne ramenait rien, ainsi que des comportements insoupçonnés comme la sécrétion de grandes "roues" de mucus par des Mollusques, dans lesquelles venaient s'engluer les proies, récupérées ensuite avec le mucus par l'animal (Gilmer, 1972). C'est toute l'image — fortement biaisée — donnée par les filets à plancton qui devenait à reconsidérer.

D'autre part, et récemment, les chercheurs ont commencé à s'intéresser aux flux de particules organiques régissant les échanges entre la surface et le fond. De grands programmes internationaux, comme le programme JGOFS (Joint Global Ocean Flux Study), ont été mis sur pied, avec des moyens importants. Or les organismes composant le macroplancton fragile sont en majorité des filtreurs de particules, dotés de moyens spécialisés (filtres extrêmement fins, production de mucus); leurs mouvements dans la colonne d'eau peuvent être importants, de même que leur productions de pelotes fécales. Ils participent donc massivement à la production et au transport de particules dans la colonne d'eau.

Utilisation des submersibles

La dernière impulsion pour entreprendre une étude approfondie du macroplancton fragile est venue de l'emploi des submersibles. Dès la construction des premiers bathyscaphes, les biologistes ont voulu les utiliser pour découvrir la faune profonde. Parmi eux, on peut déjà noter des observateurs de la faune pélagique (F. Bernard, entre 1955 et 1958; L. Fage, en 1958; J. Furnestin en 1955; J.M. Pérès et J. Picard, entre 1955 et 1959; G. Trégouboff, entre 1958 et 1962). D'autres engins ont ensuite été utilisés, comme la tourelle Galeazzi (G. Trégouboff, en 1955 et 1956), ou la soucoupe SP 350 mise au point par le commandant Cousteau (C. Franqueville en 1970). Dans ce domaine, les Français ont été les pionniers. Les premiers submersibles, conçus pour l'étude du fond, étaient cependant peu propices aux observations en pleine eau; ils ont néanmoins apportés des résultats intéressants.

Les chercheurs Français se sont un peu découragés devant les problèmes techniques et budgétaires à résoudre, et ils se sont laissés rejoindre et dépasser. Les Américains (E.G. Barham entre 1963 et 1979; L.P. Madin et G.R. Harbison en 1978; C.E. Mills, depuis 1982; C.A. Rogers, D.C. Biggs et R.A. Cooper en 1978; M.J. Youngbluth, depuis 1982), les Canadiens (C.D. Levings et N. McDaniel en 1973; G.O. Mackie, depuis 1983), les Russes (M.E. Vinogradov et E.A. Sushkina en 1982 et 1985), ont pu mettre des submersibles à la disposition des planctonologistes. En France, où le budget était comparativement plus faible, le premier submersible moderne a été réservé en priorité à la recherche géologique et pétrolière. Lorsqu'un second engin a été construit, les benthologues ont pu obtenir des missions. La première mission consacrée au plancton, MIGRAGEL I, a eu lieu en 1986. Elle a été suivie de 4 autres campagnes, la dernière, GYROCYAN, ayant eu lieu en juillet 1990.

Problèmes posés par l'observation en pleine eau

Un organisme presque totalement transparent est très peu visible s'il est éclairé directement. C'est malheureusement le cas avec les projecteurs des bathyscaphes ou des submersibles conçus pour étudier le fond de la mer. Sans un réglage particulier, permettant de réaliser une sorte d'"éclairage en fond noir", les animaux et aussi

toutes les particules qui forment la "neige marine" sont pratiquement invisibles. La neige marine (marine snow) est actuellement au centre de nombreuses études car elle est très répandue, à toutes les profondeurs; elle est constituée de différents états d'agrégation de la matière organique, qui forment un substrat pour les interactions bactériennes. Cette question de l'éclairage est extrêmement importante. Non seulement il faut un réglage très "pointu" pour discerner quelque chose, mais encore il faut absolument retrouver le même réglage d'une plongée à l'autre, pour pouvoir comparer les densités d'organismes ou de matière particulaire. Or il arrive fréquemment que ces réglages soient modifiés accidentellement pendant les opérations de mise à l'eau ou les démontages pour réparations entre deux plongées. De plus tous les équipements spécifiques aux plongées en pleine eau sont démontés après chaque mission, ce qui fait qu'on ne retrouve jamais les réglages laborieusement mis au point lors de la mission précédente.

La prise de vues (photo et vidéo) d'organismes de quelques mm à quelques cm demande des grossissements différents de ceux utilisés en recherche géologique ou en bionomie benthique, où on s'intéresse à des champs plus importants. La résolution demandée doit également être meilleure. Lorsque le sujet est fixe sur le fond, on peut avancer ou reculer le submersible pour cadrer l'image. Il n'en va pas de même en pleine eau, lorsqu'il faut cadrer dans un champ de l'ordre de 20 cm x 30 cm un petit organisme mobile; l'inertie de l'engin pose alors beaucoup de problèmes. Il serait alors capital de disposer d'un zoom commandé de l'intérieur.

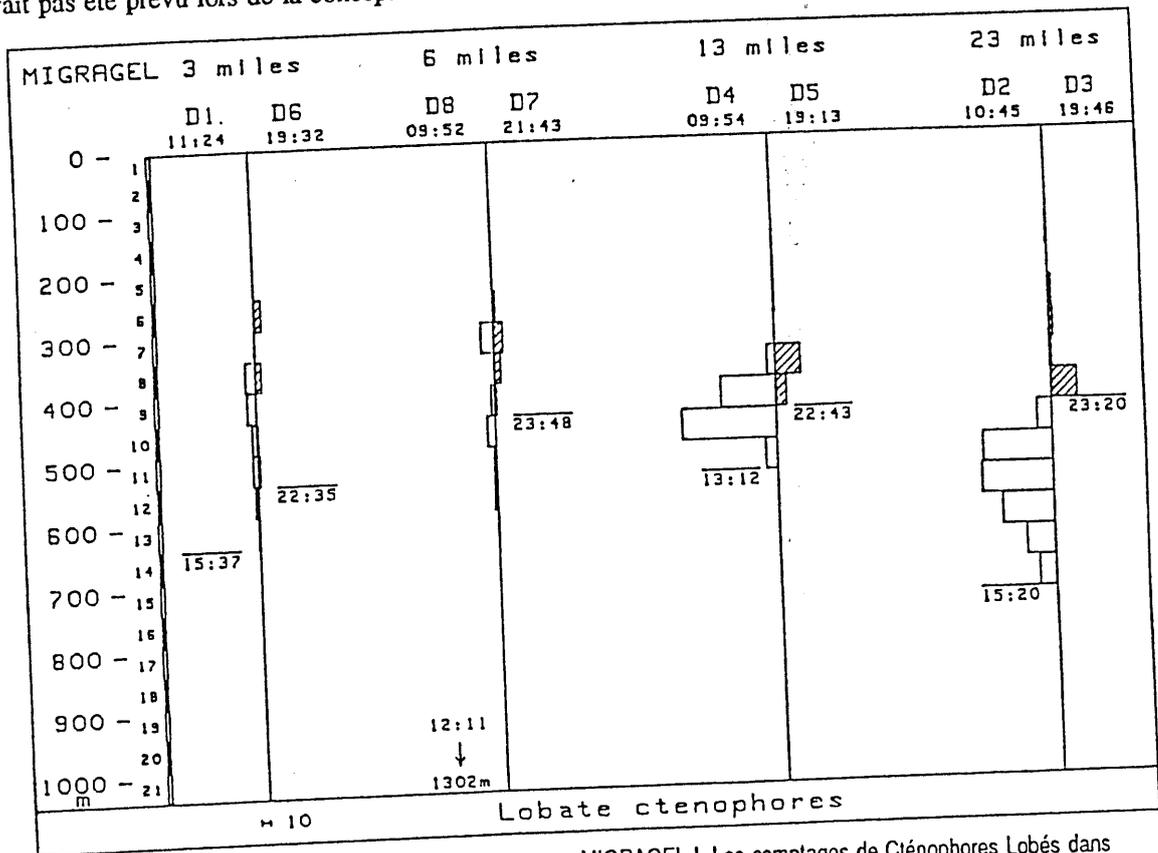
L'écologie planctonique présente une importante composante temporelle. Il y a d'un côté la saison : les successions d'espèces ont lieu à certaines époques, pas toujours compatibles avec la programmation des navires, qui se fait longtemps à l'avance, et qui est souvent modifiée selon les circonstances. A une échelle plus petite, il y a également le moment de la journée : le plancton effectue des migrations verticales importantes, qui amènent certaines espèces dans les couches supérieures à la tombée de la nuit, pour redescendre, souvent de plusieurs centaines de mètres, au lever du jour. Pour comparer les répartitions de jour et de nuit, il serait nécessaire de plonger plusieurs fois dans un cycle de 24 heures. Ce n'est pas compatible avec la durée de recharge des batteries (sauf si le submersible peut changer rapidement de jeu de batteries).

L'évolution dans un milieu à trois dimensions requiert des instruments adaptés. L'immersion exacte du submersible doit être connue à tout moment, sans avoir de corrections à calculer. La connaissance de la vitesse de déplacement est indispensable dès qu'on veut estimer la quantité d'organismes observés; les submersibles de l'IFREMER ne sont pas pourvus de lochs sensibles, permettant d'évaluer des vitesses de l'ordre de quelques cm/s. Le positionnement du submersible dans un repère à 3 dimensions (possible techniquement : il existe des systèmes commercialisés) n'est pas disponible sur les submersibles Français. Il serait également fort utile de pouvoir monter et descendre à volonté dans la colonne d'eau, par exemple pour retourner dans des couches intéressantes. Ce n'est possible qu'avec des ballasts, mais ceux-ci posent d'importants problèmes techniques si on veut qu'ils puissent opérer à grande profondeur : il faut alors une consommation considérable d'énergie pour refouler l'eau.

La question du dépouillement des données se pose peut-être avec plus d'acuité dans le cas des observations pélagiques. En effet le document principal est le plus souvent la bande-son enregistrée pendant la plongée. La transcription de ces informations prend plus de temps que les plongées elles-mêmes, soit plus de 60 heures d'écoute pour une campagne de 10 plongées. Il faudra ensuite saisir ces données sur ordinateur. C'est pourquoi nous avons entrepris la réalisation d'un système de reconnaissance vocale, embarqué dans le submersible, qui enregistre chaque nom d'espèce importante prononcé par l'observateur, et récupère, sur la centrale d'acquisition les paramètres (immersion, heure) correspondants.

Pour le planctonologiste, les moyens vidéo ou photo employés seuls sont rarement suffisants pour disposer de documents irréfutables dans une publication scientifique. Il lui faut absolument prendre des échantillons pour les étudier ensuite au laboratoire. Nos maigres budgets d'équipe ne nous ont permis jusqu'ici que l'achat de 2 échantillonneurs spécialisés, conçus et fabriqués aux USA; il est d'ailleurs difficile d'en placer plus sur CYANA sans modifier le submersible. Chaque plongée, d'un coût élevé, ne permet donc que la prise d'au plus 2 échantillons, à comparer avec les 32 échantillons que peut ramener le Johnson-Sea-Link Américain en une seule plongée.

Enfin toute étude océanographique requiert un certain nombre de mesures de paramètres physico-chimiques et biologiques. L'idéal serait d'en disposer le plus grand nombre sur le submersible lui-même, ce qui n'avait pas été prévu lors de la conception de CYANA. Il faut donc entreprendre ces mesures depuis le navire



Exemple de répartition obtenue pendant la campagne MIGRAGEL I. Les comptages de Ctenophores Lobés dans chaque tranche de 50 m d'épaisseur sont ramenés à une durée d'observation constante et tracés sur ce graphique pour chacune des plongées D1 à D8 (les hachures correspondent aux plongées de nuit). Le trait horizontal marque la limite inférieure de chaque plongée. Ces organismes extrêmement fragiles, impossibles à capturer avec des filets, se tiennent entre 250 et 800 m de profondeur, avec une plus grande abondance vers le centre de la mer Ligurie (stations à 13 et 23 milles nautiques du Cap Ferrat). D'après Laval *et al.* 1989.

de surface. Sur un bateau de la taille des NOROIT/SUROIT, la place est trop réduite une fois embarquées les 8 à 9 personnes nécessaires à la bonne marche du submersible. Notre stratégie a donc toujours été de coupler les missions de plongées avec une mission océanographique classique, se déroulant sur un autre navire. On conçoit que la coordination de ces missions puisse souvent poser des problèmes logistiques.

Premiers résultats obtenus avec CYANA

Malgré toutes ces difficultés, de très intéressants résultats ont été obtenus au cours des premières missions pélagiques. Il a été possible de confirmer qu'il existait en mer Ligurie des populations non négligeables d'espèces jamais ou très rarement capturées dans les filets à plancton (Figure). Certaines sont des espèces nouvelles. La stratification horizontale des organismes, très souvent en couches minces de quelques mètres à quelques dizaines de mètres d'épaisseur, peut être notée avec une grande précision (alors que dans un coup de filet tous les horizons sont mélangés).

De même la position des individus en fonction de l'heure a permis de tracer la courbe des migrations verticales de certaines espèces, alors que le mode de fonctionnement des filets, surtout à grande profondeur, n'avait jamais permis que des conjectures sur les modalités de migrations (Laval *et al.*, 1989). De précieuses informations sur le comportement des individus ont également été obtenues (Mills et Goy, 1988).

La comparaison des densité d'organismes observées depuis le submersible avec celles obtenues avec les filets (pour les organismes non détruits par ceux-ci) a confirmé que, même dans ce cas, les filets sous-estiment d'au moins un facteur 2 les densités réelles (Laval et Carré, 1988).

L'utilisation d'un écho-sondeur à haute fréquence, placé sur un autre navire positionné au-dessus du submersible pendant la mission MIGRAGEL III, a permis de montrer les perturbations importantes provoquées par les projecteurs du submersible : la "couche diffusante profonde (DSL) disparaît sur une centaine de mètres d'épaisseur, et se reconstitue lorsqu'on éteint les lumières (Laval et Baussant, 1990).

Les missions MIGRAGEL ont permis de découvrir et de confirmer la présence insoupçonnée d'une couche profonde de filtreurs vers 400 m de profondeur dans le mer Ligure (Laval *et al.*, 1989; Gorsky *et al.*, 1990; Gorsky *et al.*, sous-presse). Cette découverte a remis en question les idées qui avaient cours sur les processus ayant lieu dans la colonne d'eau. Des hypothèses nouvelles ont été établies pour expliquer comment ces populations pouvaient se maintenir dans un milieu où l'absence de lumière exclut toute activité photosynthétique.

Au cours de la récente mission GYROCYAN au large de l'Algérie, des concentrations très denses de nappes de mucus ont été observées au niveau du maximum de chlorophylle. Leur étude est en cours; il semble que la chlorophylle provienne d'algues microscopiques produisant une gangue muqueuse.

Nécessité de disposer d'un submersible adapté à l'observation pélagique

L'utilisation de submersibles conçus pour le travail sur le fond pose, comme on vient de le voir, de nombreux problèmes pour la biologie planctonique. Ajouter des appareils sur un engin en forme de sous-marin ne peut suffire à les résoudre. C'est la conception de base qui n'est pas favorable au travail dans la colonne d'eau : plutôt qu'un petit sous-marin habité capable de descendre à grande profondeur, il faudrait faire une sorte d'observatoire sous-marin, en équilibre dans l'eau, pourvu de tout un appareillage adapté. Les submersibles Américains Johnson-Sea-Link (Youngbluth, 1984) se rapprochent beaucoup de cette conception. Leur principale limitation, mais elle résulte d'un choix délibéré, est leur profondeur maximale d'utilisation, qui ne dépasse pas 1000 m.

Si, pour le submersible qui prendra la suite de CYANA et du NAUTILE, on ne prend pas en compte ces nouvelles aptitudes, la communauté scientifique Française sera privée d'un moyen d'investigation de la "troisième dimension" de l'océan, qui va prendre une importance croissante dans tous les grands programmes internationaux. Pour y parvenir, il faudra d'abord sortir du cercle vicieux qui consiste à penser que la pression des équipes actuelles est insuffisante pour justifier ces investissements ; cette communauté se développera à partir de la disponibilité de nouveaux engins de recherche.

Littérature citée

- Gilmer R.W., 1972.- Free floating mucus webs : a novel feeding adaptation in the open ocean. *Science*, 176 : 1239-1240.
- Gorsky G., Laval Ph., Youngbluth M.J et Palazzoli I., 1990.- Appendiculaires mésopélagiques, indicateurs potentiels des couches riches en matière organique. *Rapp. P.-V. Réun., Comm. int. Explor. Mer Médit.*, 32 : 200.
- Gorsky G., Lins da Silva N., Dallot S., Laval Ph., Braconnot J.C. et Prieur L., 1991.- Midwater tunicates : are they related to the permanent coastal front of the Ligurian Sea (N.-W. Mediterranean). *Mar. Ecol. Progr. Ser.* (sous-presse).
- Hamner W.M., Madin L.P., Alldredge A.L., Gilmer R.W. et Hamner P.P., 1975.- Underwater observations of gelatinous zooplankton: sampling problems, feeding biology, and behavior.- *Limnol. Oceanogr.*, 20(6) : 907-917.
- Laval Ph. et Carré C., 1988.- Comparaisons entre les observations faites depuis le submersible CYANA et les pêches au chalut pélagique pendant la campagne MIGRAGEL I en mer Ligure (Méditerranée nord-occidentale). *Bull. Soc. roy. Liège*, 4-5, 249-257.
- Laval Ph., Braconnot J.C., Carré C., Goy J., Morand P. et Mills C.E., 1989.- Small scale distribution of macroplankton and micronekton in the Ligurian Sea (Mediterranean Sea) as observed from the manned submersible CYANA - *J. Plankton Res.*, 11 : 665-685.
- Laval Ph. et Baussant Th., 1990.- Effet de l'approche d'un submersible éclairé sur la copuche diffusante profonde détectée à 15 kHz en mer Ligure (Méditerranée). *C.R. Acad. Sci. Paris*, 311, Sér. III : 181-186.
- Mills C.E. et Goy J., 1988.- In situ observations of the behavior of mesopelagic *Solmissus Narcomedusae* (Cnidaria, Hydrozoa). *Bull. mar. Sci.*, 43(3) : 739-751.
- Youngbluth M.J., 1984.- Manned submersibles and sophisticated instrumentation : tools for oceanographic research.- *Proc. SUBTECH '83 Sympos., Soc. for Underwater Technol., London* : 385-344.