

Étude du cycle biologique du Copépode pélagique *Paracalanus parvus*, Claus 1863, dans le golfe Saronique (Grèce)

*Biological cycle study of pelagic Copepod Paracalanus parvus,
Claus 1863, in the Saronikos Gulf (Greece)*

Olga Armeni-Agiouvlassiti

Laboratoire de zoologie du secteur botanique-zoologie
de l'Université d'Athènes, Panépistimioupolis, Athènes, Grèce.

Mots clés : *Paracalanus parvus*, Méditerranée orientale, cycle biologique.

Key-words: *Paracalanus parvus*, Eastern Mediterranean, biological cycle.

RÉSUMÉ

Armeni-Agiouvlassiti O., 1996 - Étude du cycle biologique du Copépode pélagique *Paracalanus parvus*, Claus 1863, dans le golfe Saronique (Grèce). Mar. Life, 6 (1-2) : 27-33.

Le Copépode Calanoïde *Paracalanus parvus* est présent toute l'année dans le golfe Saronique, avec une abondance maximale au printemps et en été. Son cycle annuel est caractérisé par la succession de six générations. La sex-ratio des adultes montre une dominance des femelles. Le taux des mâles est maximum lors de l'arrivée à l'état adulte de chaque génération. Le parasitisme par *Atelodinium* sp. peut jouer un rôle sur l'abondance de la population de *P. parvus*.

ABSTRACT

Armeni-Agiouvlassiti O., 1996 - [Biological cycle study of pelagic Copepod *Paracalanus parvus*, Claus 1863, in the Saronikos Gulf (Greece)]. Mar. Life, 6 (1-2): 27-33.

Paracalanus parvus is present in the Saronikos Gulf throughout the year with a remarkably high abundance in Spring and Summer; its annual biological cycle is characterised by six successive generations. Adult sex-ratio shows that females are dominant throughout the year. Male-to-female ratio increases during the maturity of each generation. The impact of parasitism by *Atelodinium* sp. plays a role in the abundance of *Paracalanus parvus* populations.

INTRODUCTION

Le Copépode *Paracalanus parvus* est l'une des espèces les plus abondantes des régions néritiques de la Méditerranée (golfe Saronique : Moraitou-Apostolopoulou, 1977 ; golfe de Naples : Ianora *et al.*, 1987 ; delta du Rhône : Pagano *et al.*, 1993 ; golfe du Lion : Kouwenberg, 1993).

P. parvus constitue l'alimentation principale de nombreuses larves des poissons dont la taille est supérieure à 5 mm (Kuwahara, Suzuki, 1984). Cependant, le cycle biologique de l'espèce est

plutôt mal connu ; les informations existantes proviennent principalement de Plymouth : Digby, 1950 ; Gènes : Carli, 1968 ; Marseille : Gaudy, 1972 ; Adriatique : Vucetic, Regner, 1973, et Shmeleva, Kovalev, 1974 ; mer Noire : Greeze *et al.*, 1968. Aucune donnée ne concerne la Méditerranée orientale, à l'exception des travaux de Lakhis, 1976, au Liban.

Le présent travail apporte des informations nouvelles sur le cycle biologique de l'espèce, dans la région d'Athènes, en se basant sur les variations quantitatives des adultes et des stades copépodites et sur la sex-ratio.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Région d'étude

Le golfe Saronique (figure 1), dont l'aire est de 50 km², est largement ouvert sur le large vers le sud-est ; il présente une topographie assez complexe du fait des péninsules et des îles, qui tendent à le diviser en deux parties : orientale et occidentale.

Il n'existe pas de rivière s'y déversant susceptible d'introduire des sels minéraux ou de la matière organique (Frigos, 1981). Cependant, le golfe Saronique reçoit la plus grande partie des effluents de la ville d'Athènes, qui y apportent de grandes quantités de sels minéraux, cause principale des phénomènes eutrophiques (Ignatiades, Mimikos, 1977).

Prélèvements

Deux stations S1, S2 ont été choisies dans la partie orientale du golfe sur des fonds de 35-45 m (figure 1).

Les deux stations diffèrent notamment tant par les quantités de sels minéraux, la première étant plus eutrophe (Frigos, 1974, 1981 ; Scoullou *et al.*, 1983), que par la concentration en espèces phyto- et zooplanctoniques (Moraitou-Apostolopoulou, Ignatiades, 1980 ; Pagou, 1990).

Le zooplancton a été prélevé par des traits verticaux de 30 m à la surface avec une vitesse de remontée de 45 m/min (Omori, Ikeda, 1987). Le filet utilisé est de type IOSN modifié (diamètre : 113 cm, maillage : 180 µm).

Les stations ont été prospectées pendant deux périodes d'étude (du 12 novembre 1985 au 8 septembre 1986, et du 23 janvier 1987 au

12 décembre 1987) avec une fréquence moyenne de 15 jours pendant la première période et de 22 jours pendant la deuxième .

Au total, 60 prélèvements ont été réalisés, aux deux stations S1 et S2.

Au laboratoire, l'échantillon de zooplancton était fractionné pour faciliter son dénombrement selon la méthode proposée par Omori, Ikeda (1987).

Aux stations de prélèvements, la température (T) et la salinité (S) ont été mesurées à 1 m et 30 m.

Méthodes de mise en évidence du cycle biologique

Les critères utilisés pour la mise en évidence de différentes générations de l'espèce étudiée sont les suivants :

- Variations quantitatives des adultes

Les variations quantitatives des adultes observées au cours de l'année constituent l'un des critères classiques d'analyse du cycle biologique des Copépodes pélagiques pour de nombreux auteurs : Digby, 1950 ; Gaudy, 1972, 1984 ; Razouls, 1974 ; Shmeleva, Kovalev, 1974 ; Ueda, 1978 ; Seguin, 1981. Chaque augmentation temporaire du nombre d'adultes est interprétée comme une indication de l'arrivée à maturité d'une nouvelle génération.

Cependant, l'utilisation de ce critère présente des inconvénients dus principalement aux éventuels changements des masses d'eau liés aux courants (Gaudy, 1972), à l'abondance trop faible d'une espèce pendant une période de l'année (Razouls, 1974) ou, enfin, à la plus longue survie des adultes par rapport aux stades copépodites ou naupliens (McLaren, 1978).

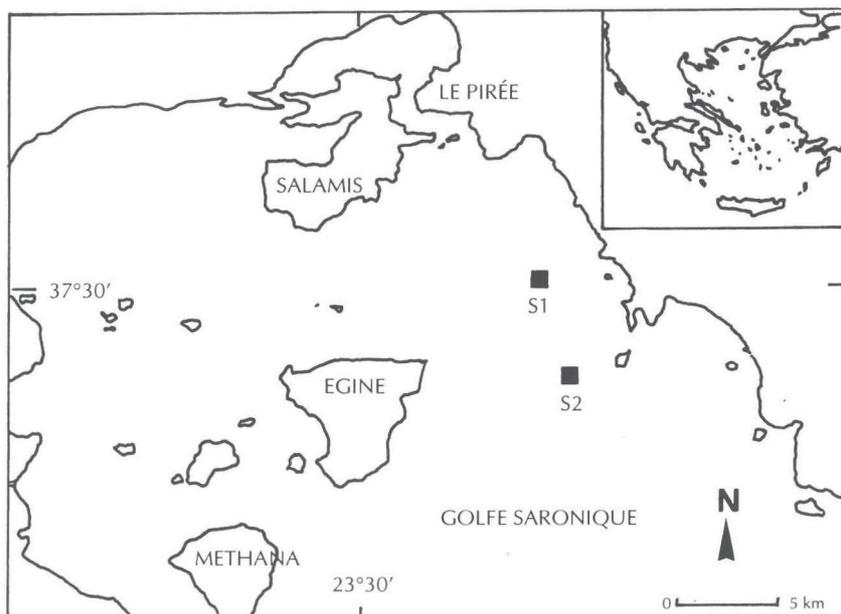


Figure 1 - Golfe Saronique, Athènes (Grèce), et stations des prélèvements./Map of the Saronikos Gulf, Athens (Greece), and sampling stations.

Cependant, dans le cas de *P. parvus*, selon Gaudy (1972), la production d'adultes se traduit par un pic bien marqué.

- Évolution des pourcentages des stades copépodites et adultes

Le suivi des divers stades du développement, exprimés en pourcentage par rapport au nombre total d'individus (Gaudy, 1972 ; Razouls, 1974) apparaît comme un procédé théoriquement le plus sûr pour suivre la croissance des populations.

Selon McLaren (1978), si la population est bien synchronisée, il suffit de suivre l'abondance relative d'un seul stade copépodite pour décrire le développement d'une génération.

Cependant, dans le présent travail, on n'a pas distingué les stades de développement des copépodites de l'espèce à cause de leur petitesse qui exige un examen en fort grossissement et ne permet pas d'identification rapide sur la base du critère biométrique. Une autre raison, la plus importante, qui nous a obligé à dénombrer globalement les stades copépodites, était la présence très limitée de jeunes stades de développement C1, C2, C3, dont la longueur totale est inférieure à 0,8 mm, à cause du maillage du filet utilisé, qui était relativement grand (180 µm). Ainsi, nous avons suivi seulement les variations de l'ensemble des stades copépodites.

Pourcentage des mâles et des femelles adultes (sex-ratio)

L'utilisation de la sex-ratio est un critère complémentaire de la mise en évidence d'une génération, en se basant sur le fait que le pourcentage du nombre des mâles par rapport au nombre total d'adultes présente habituellement un maximum en début de poussée. Cependant, cette périodicité des mâles peut être masquée par des

différences de répartition verticale de chaque sexe (Gaudy, 1972).

Dans le cas de *P. parvus*, les femelles dominent pendant toute l'année et la sex-ratio est toujours en leur faveur avec un pourcentage supérieur à 80 % (Kouwenberg, 1993), tandis que l'élévation du taux des mâles n'est que temporaire (Gaudy, 1972).

RÉSULTATS

Température et salinité

Les variations de la température (moyenne de 1 m et 30 m) aux deux stations sont présentées sur la figure 2. Les valeurs minimales sont atteintes vers la fin février ou au début mars (15 mars : 12,6°C), tandis que les valeurs maximales sont notées vers la fin juillet ou en août (31 août : 24,7°C).

Les variations annuelles de la salinité, *S*, étaient limitées (entre 37,4 et 38,7 PSU).

Importance quantitative de *Paracalanus parvus* dans le groupe des Copépodes pélagiques

Les Copépodes pélagiques constituent pendant toute l'année le principal groupe du zooplancton ; leur pourcentage varie dans le golfe Saronique entre 65 % (8 septembre 1986) et 90 % (12 novembre 1986) avec une valeur moyenne annuelle de 68,21 %. *Paracalanus parvus* avec *Oithona plumifera* et *Acartia clausi* sont les Copépodes les plus abondants des eaux du golfe Saronique (figure 3). La proportion minimale de *P. parvus* observée est de 2 % (26 avril 1986), à la station S2 et correspond à une abondance de 50 individus par m³, tandis que la proportion maximale est de 20 % (12 novembre 1985) à la même station, soit

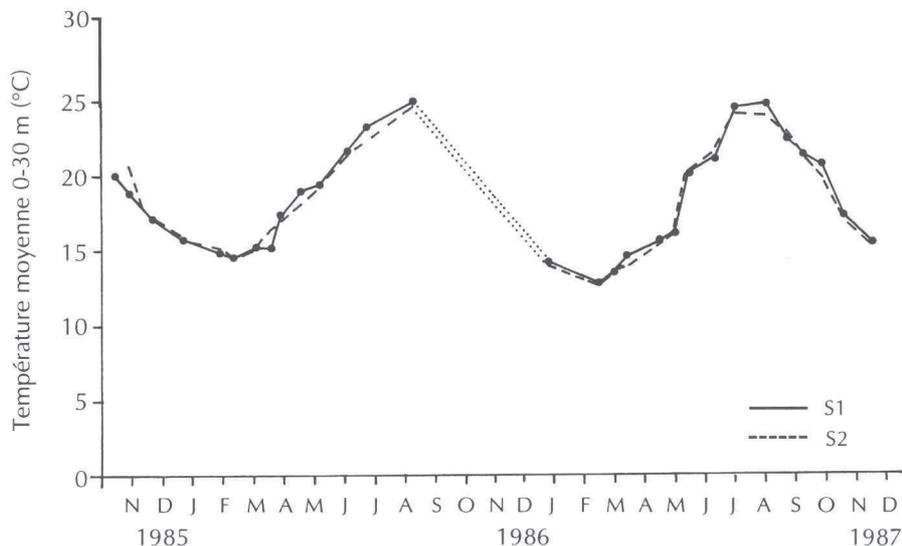


Figure 2 - Variations de la température moyenne (0-30 m) aux stations des prélèvements S1 et S2. / Variations in the mean temperature (0-30 m) in sampling stations S1 and S2.

295 individus par m³. La proportion moyenne de l'espèce par rapport à l'ensemble des Copépodes pélagiques est de 8,05 % à S1 et 10,07 % à S2. *P. parvus* se classe au troisième rang parmi les Copépodes pélagiques de la région étudiée.

Cycle biologique de *Paracalanus parvus*

- Abondance des adultes (variations quantitatives)

Les fluctuations de l'abondance des adultes et des stades copépodites au cours de l'année pour les stations S1, S2 pendant les deux périodes de l'étude sont présentées sur la figure 4. Les maximums du nombre des adultes sont assez clairs et précédés, dans la plupart des cas, par un accroissement du nombre de juvéniles, indiquant que la génération considérée se trouve en phase de reproduction. Les maximums mentionnés sont localisés aux dates suivantes : 21 janvier, 16 avril, 18 mai, 4 juillet, 8 septembre, 28 mars, 28 mai, 9 juillet, 31 août, 8 octobre (figure 4.a) et 26 novembre, 11 mars, 26 avril, 5 juin, 24 juillet, 28 mars, 17 mai, 9 juillet, 31 août, 18 décembre (figure 4.b).

- Sex-ratio

Les histogrammes de la figure 5 présentent le pourcentage de mâles aux différentes dates de prélèvements pour les stations S1 et S2. On peut facilement distinguer un accroissement périodique

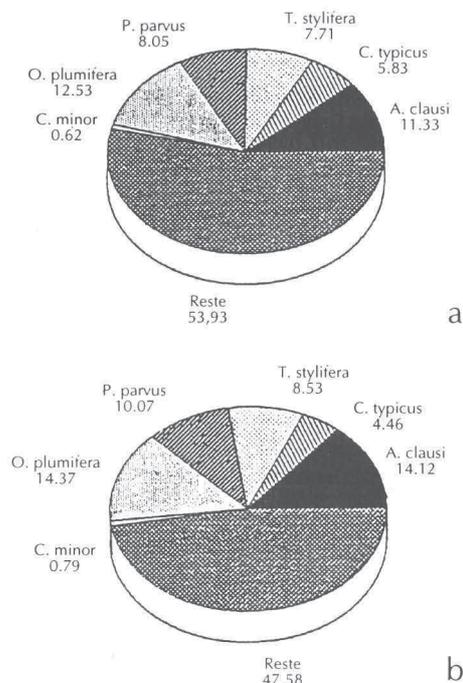


Figure 3 - Représentation moyenne en pourcentage de *Paracalanus parvus* et des autres espèces principales des Copépodes aux stations des prélèvements S1(a) et S2(b). / *P. parvus* average representation, in percentages, in the pelagic group of principle copepods species in the sampling stations S1(a) and S2(b).

du pourcentage des mâles aux dates suivantes : 7 décembre, 24 février, 26 avril, 4 juillet, 23 janvier, 8 octobre pour la station S1, et 21 janvier, 2 avril, 5 juin, 4 juillet, 8 septembre, 23 janvier, 13 avril, 31 août, 27 octobre, 18 décembre pour la station S2. Ces accroissements successifs ont été attribués à l'arrivée à l'état adulte des différentes générations.

- Succession des générations

D'après l'augmentation de l'abondance des adultes et des stades copépodites et en examinant l'augmentation périodique de la proportion de mâles, on peut séparer six générations annuelles. En confrontant les données des deux stations de prélèvements on peut distinguer :

- la première génération, G1, avec une abondance maximale en janvier ou février ;
- la deuxième génération, G2, qui présente son abondance maximale en mars ;
- la troisième génération, G3, qui tend à la maturité vers la fin avril ou en mai ;
- la quatrième génération, G4, qui devient adulte en juin ou début juillet ;
- la cinquième génération, G5, adulte en août ou début septembre ;
- la sixième génération, G6, mature en octobre ou début novembre.

On constate que la génération la plus abondante pendant les deux périodes de l'étude et pour les deux stations est la G2, qui se déroule en mars-début avril (printemps). La génération G5, qui se développe en août-septembre (fin été) est la deuxième en abondance. Les générations G3, G4, troisièmes en abondance, apparaissent en mai et juillet, respectivement. Enfin, les générations G6 et G1, qui se situent en octobre et janvier respectivement, sont les moins abondantes.

- Influence du parasitisme sur le cycle d'abondance

L'abondance de *P. parvus* est beaucoup plus faible pendant la première période de l'étude (1985-1986) que pendant la deuxième (1987). Ce phénomène est très probablement lié au parasitisme, qui est très marqué pendant la première période. La forte proportion d'individus infectés est probablement responsable du déclin des stocks de l'espèce (figure 6). Le plus grand pourcentage d'animaux infectés est observé en hiver et au printemps. Ceux-ci, uniquement des copépodites, présentent un aspect très caractéristique ; ils sont foncés et gonflés à cause de la dilatation du prosome, ce qui pourrait les faire confondre avec une autre espèce. La perforation de leur carapace à l'aide d'une aiguille de dissection laisse échapper un nuage des dinospores. Ce parasite appartient au *Atelodinium* Chatton (identification par les chercheurs de la Station d'hydrobiologie de Naples). Ianora *et al.*, 1987,

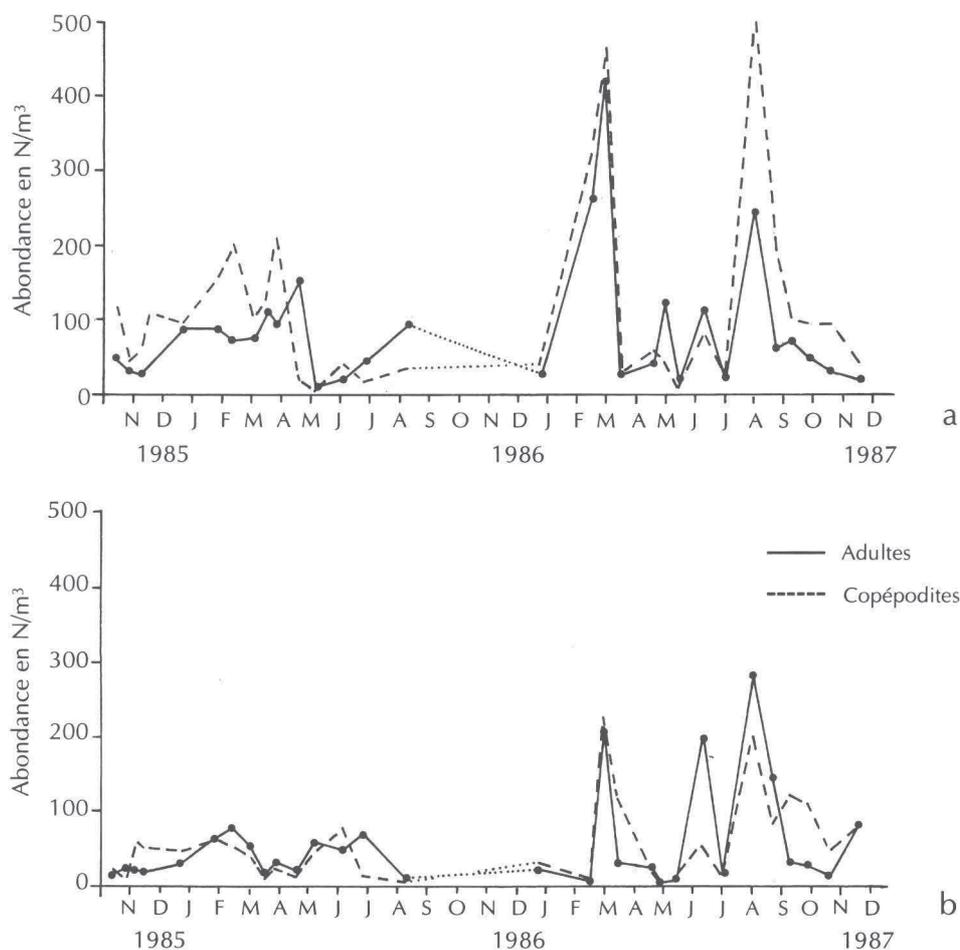


Figure 4 - Variations de l'abondance des adultes et des stades copépodites de *P. parvus* aux stations S1(a) et S2(b) entre novembre 1985 et décembre 1987. *P. parvus* annual abundance variations in adult and juvenile populations sampled from November 1985 to December 1987 at two sampling stations S1(a), S2(b).

avaient constaté des infestations similaires de *P. parvus* par *Atelodinium*.

DISCUSSION

En Méditerranée occidentale, *P. parvus* se situe parmi les espèces les plus abondantes dans les eaux néritiques. Son pourcentage moyen annuel par rapport aux autres Copépodes se situe entre 11 et 14 % à Marseille (Gaudy, 1967, 1972); à 14,4 % en Adriatique (Hure *et al.*, 1980), 18 % dans le golfe de Naples (Ianora *et al.*, 1987). En Méditerranée orientale l'espèce est également l'un des Copépodes les plus abondants (Moraitou-Apostolopoulou, 1977 ; Fragopoulou, Lykakis, 1990), mais bien que *P. parvus* se situe au troisième rang parmi les Copépodes pélagiques du golfe Saronique (figure 3), sa proportion moyenne dans le golfe (8,05-10,07 %) est inférieure à celle des régions de la Méditerranée occidentale.

Dans la région d'Athènes, nos observations sur le nombre de générations annuelles de *Paracalanus*

parvus et sur la prédominance de celles du printemps et de l'automne, sont en accord avec celles de Gaudy (1972) à Marseille, de Shmeleva, Kovalev (1974) en Adriatique et de Scotto di Carlo, Ianora (1983) à Naples. Moraitou-Apostolopoulou (1977) avait déjà constaté la plus grande abondance de l'espèce de mars en octobre, dans le golfe Saronique, tandis que Ianora *et al.* (1987), à Naples, avaient aussi observé l'abondance maximale de l'espèce vers la fin du printemps avec une abondance relative dépassant 50 % du nombre total des Copépodes.

Chez *Paracalanus parvus*, la sex-ratio est toujours en faveur des femelles. La proportion des mâles est en moyenne inférieure à 20 %. Elle présente cependant une succession des pics correspondant à l'arrivée d'une génération à la maturité. Des observations similaires ont été faites chez cette espèce par Marshall (1949) sur les côtes britanniques, Gaudy (1972) à Marseille, Kouwenberg (1993) dans le golfe du Lion. Un suivi moins fréquent des mâles adultes pourrait expliquer le caractère éphémère de leurs pics d'abondance.

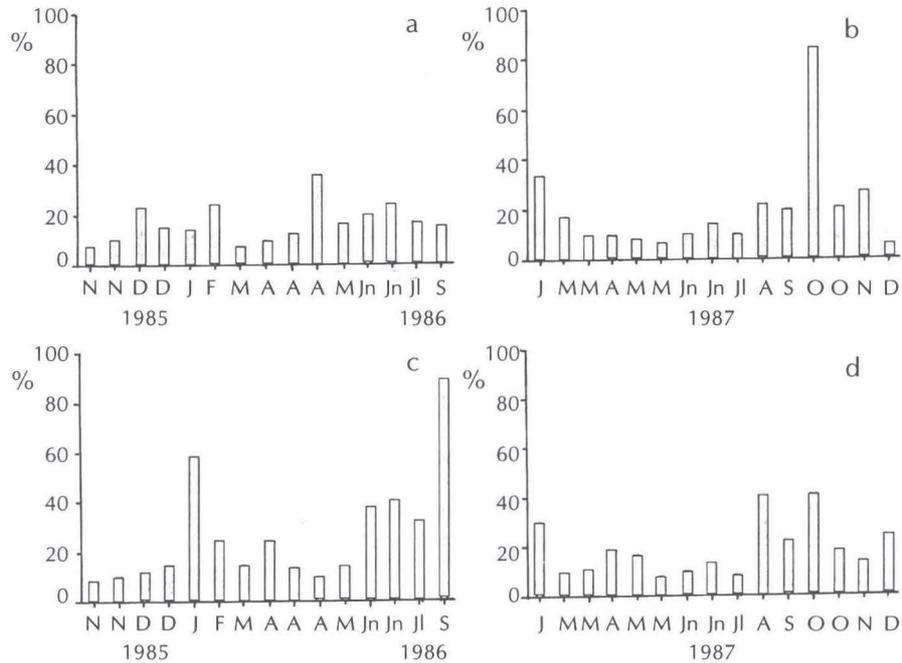


Figure 5 - Pourcentage de mâles par rapport au nombre total d'adultes aux stations S1 (a,b) et S2 (c,d) entre novembre 1985 et décembre 1987. / Sex ratio (% males) of *P. parvus* in stations S1 (a,b) and S2 (c,d) from November 1985 to December 1987.

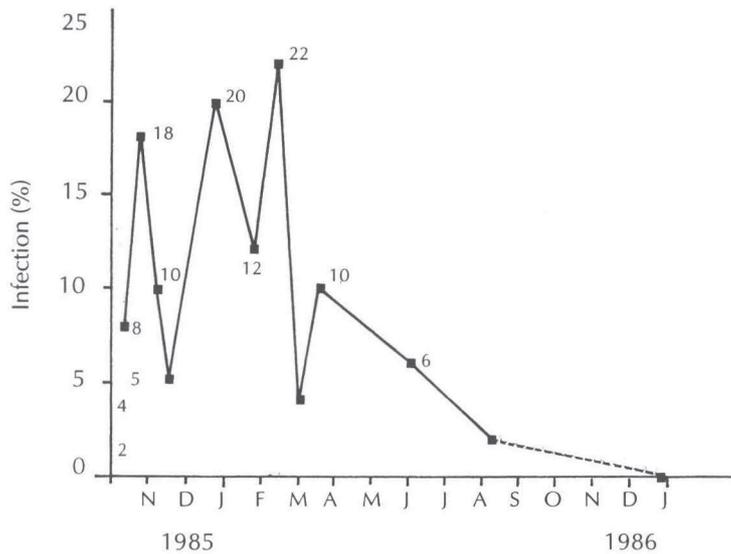


Figure 6 - Pourcentage de copépodites infectés par *Atelodinium* entre novembre 1985 et janvier 1986. / Percentage of juveniles infected by *Atelodinium* from November 1985 to January 1986.

Les changements morphologiques liés au parasitisme ne concernent que les jeunes individus. Le taux de parasitisme, élevé en 1985, est responsable du déclin de l'abondance des populations, observé en 1986. Nos observations sont similaires à celles de Ianora *et al.* (1987), dans le golfe de Naples, qui avaient observé une beaucoup plus grande incidence du parasitisme

chez les juvéniles que chez les adultes. En dehors du travail de Ianora *et al.* (1987), les informations existantes sur le parasitisme interne des Copépodes remontent à Chatton (1920), qui constatait que le parasitisme peut arrêter le développement et provoquer la stérilité et même la mort des hôtes. Notre hypothèse sur le déclin des populations de *P. parvus* lié au parasitisme rejoint celle de Chatton

(1920), puisque les animaux infectés ne semblent pas capables d'atteindre la maturité sexuelle.

Nos résultats indiquent une plus grande abondance de l'espèce à la station S1 par rapport à la station S2. S1 est considérée comme la plus eutrophe en raison de concentrations en sels minéraux plus élevées (Friligos, 1981). *P. parvus* pourrait trouver là les conditions de nutrition les plus favorables à son développement.

REMERCIEMENTS

Ce travail est une partie de la thèse de doctorat de l'auteur qui a été élaborée, présentée et approuvée au laboratoire de zoologie de la Faculté des sciences de l'Université d'Athènes, en 1992. Il a été réalisé grâce au financement du programme de recherche : *Approche de l'estimation de la production secondaire du golfe Saronique*, par le ministère de l'Agriculture au Laboratoire de zoologie, sous la direction scientifique du Pr M. Moraitou-Apostolopoulou, à qui j'exprime ma reconnaissance. Je remercie également un lecteur inconnu pour ses corrections et suggestions pour améliorer la présentation de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- Carli A., 1968 - Ricerche planctonologica italiana dell'anno geofisico internazionale 1957-1958. 2-Osservazioni sullo zooplancton raccolto nel mare Ligure. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, **23** : 93-141.
- Chatton E., 1920 - Les péridiniens parasites. Morphologie, reproduction, éthologie. *Archs Zool. exp. gen.*, **59** : 1-475.
- Digby P.S.B., 1950 - The biology of the small planctonic Copepods of Plymouth. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **29** : 393-438.
- Friligos N., 1974 - Chemical changes in the sea water of Saronikos Gulf in 1969. *Rev. int. Océanogr. méd.*, **35-36**.
- Friligos N., 1981 - Some chemical observations in the Saronikos Gulf, Greece. *Rev. int. Océanogr. méd.*, **63-64**.
- Fragopoulou N., J. Lykakis, 1990 - Vertical distribution and nocturnal migration of zooplankton in relation to the development of the seasonal thermocline in Patraikos Gulf. *Mar. Biol.*, **3** : 381-387.
- Gaudy R., 1972 - Contribution à la connaissance du cycle biologique des Copépodes du golfe de Marseille. 2-Étude du cycle biologique de quelques espèces caractéristiques. *Téthys*, **4** (1) : 175-242.
- Gaudy R., 1984 - Biological cycle of *Centropages typicus* in the North-Western Mediterranean neritic waters. *Crustaceana*, **7** : 200-213.
- Greeze V.N., E.P. Baldina, O.K. Bileva, 1968 - Production of planktonic copepods in the neritic zone of the Black Sea. *Oceanologia*, **8** (6) : 1066-1070.
- Ianora A., M.G. Mazzochi, B. Scotto di Carlo, 1987 - Impact of parasitism and intersexuality on Mediterranean populations of *Paracalanus parvus*. *Dis. aquat. Org.*, **3** : 29-36.
- Ignatiades L., N. Mimikos, 1977 - Ecological responses of phytoplankton on chronic oil pollution. *Environ. Pollut.*, **13** : 109-118.
- Kouwenberg J.H.M., 1993 - Sex-ratio of calanoids Copepods in relation to population composition in the Northwestern Mediterranean. *Crustaceana*, **64** (3).
- Kuwahara A., A. Suzuki, 1984 - Diurnal changes in vertical distributions of anchovy eggs and larvae in the Western Wakasa Bay. *Bull. Japan. Soc. Scient. Fish.*, **50** (8) : 1285-1292.
- Lakhis S., M. Abboud, 1976 - Zooplankton and pollution in the Lebanese sector in the Eastern Mediterranean. *Rapp. P.-v. Réun., C.I.E.S.M.*, **23** (9) : 79-81.
- Marshall S.M., 1949 - On the biology of the small Copepods in Loch Striven. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **28** : 45-95.
- McLaren I.A., 1978 - Generation length of some temperate marine Copepods: estimation, prediction and implications. *J. Fish. Res. Bd Can.*, **35** : 13-30.
- Moraitou-Apostolopoulou M., 1977 - Le zooplancton superficiel (0-100 cm) du golfe Saronique. B- Les Copépodes. *Biol. Gallo-Hell.*, **7** : (1-2).
- Moraitou-Apostolopoulou M., L. Ignatiades, 1980 - Pollution effects in the phytoplankton-zooplankton relationships in an inshore environment. *Hydrobiologia*, **75** : 259-266.
- Omori M., T. Ikeda, 1987 - In: Methods in marine zooplankton Ecology. John Wiley and Sons, 311 pp.
- Pagano M, R. Gaudy, D. Thibault, F. Lochet, 1993 - Vertical migrations and feeding rhythms of mesozooplankton organisms in the Rhone River plume area (North-West Mediterranean Sea). *Estuar. coast. Shelf Sci.*, **37** (3) : 251-269.
- Pagou K., 1990 - Détermination des paramètres biologiques du golfe Saronique. *Phytoplankton*. Rapport technique. Centre National des recherches marines : 48-64.
- Razouls C., 1974 - Variations annuelles quantitatives de deux espèces dominantes des Copépodes planctoniques *Centropages typicus* et *Temora stylifera* de la région de Banyuls : cycles biologiques et estimation de la production. III- Dynamique des populations et calcul de leur production. *Cah. Biol. mar.*, **15** : 51-88.
- Scoullou M., I. Alexiou, N. Becacos-Kontos, 1983 - Chlorophyll's distribution in the polluted Bay of Keratsini, Saronikos Gulf, Greece. *Rapp. P.-v. Réun. C.I.E.S.M.*, **28** (7) : 77-78.
- Scotto di Carlo B., A. Ianora, 1983 - Standing stocks and species composition of Mediterranean zooplankton. In : G.C. Carrada, T.S. Hopkins, Lj. Jetic, S. Morcos (eds). *Quantitative analysis and simulation of Mediterranean coastal ecosystems: The gulf of Naples, a case study*. Unesco Rep. Mar. Sci., **20** : 59-69.
- Seguin S., 1981 - Cycle annuel des Copépodes pélagiques en prélèvements quotidiens (année 1972) bilan quantitatif et qualitatif et écologique. *Bull. Ecol.*, **12** : 29-60.
- Shmeleva A., A. Kovalev 1974 - Cycles biologiques des Copépodes (Crustacea) de la mer Adriatique. *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.*, **29** (1) : 49-70.
- Ueda H, 1978 - Analysis of the generations of inlet copepods with special reference to *Acartia clausi* in the Maizuru Bay, Middle Japan. *Bull. Plankt. Soc. Japan*, **25** (1) : 55-66.
- Vucetic T., D. Regner, 1973 - Les fluctuations des Copépodes pélagiques dans la région de Split (Adriatique centrale) *Rapp. P.-v. Réun. C.I.E.S.M.*, **21** (8) : 485-487.

Reçu en novembre 1995 ; accepté en décembre 1997.
Received November 1995; accepted December 1997.