

Joint effects of temperature and salinity on the mortality of *Tisbe*

H. MILLIOU

Zoological Laboratory, University of Athens, 15771 Athens (Greece)

The study of the effects of the environmental factors on the physiology of organisms enables one to fix tolerance limits and to define the most favourable conditions for the optimal energy balance of the individuals. Among the marine metazoan species the most easily reared in the laboratory through a complete cycle, harpacticoid copepods of the genus *Tisbe* are the most interesting because of their tolerance to environmental factors, their substantial reproductive capacity and their short life cycle.

In this study we examined the joint action of temperature and salinity on the mortality of *Tisbe* as these factors appear to play a predominant role in its natural biotope. We have tested three temperatures (14, 19 and 24°C), four salinities (26, 32, 38 and 44‰) and all their combinations, in order to examine possible interactive or synergistic effects.

The experimental specimens came from laboratory cultures regularly enriched with individuals from the Gulf of Saronikos, in order to avoid inbreeding effects. A limited number (15-20) of fertilized females carrying egg sacs were isolated from the mass culture and placed in 50 ml glass containers immediately after egg hatching and the parental females were removed from the containers, which were examined daily for 16 days. The counting was done under a binocular microscope by transferring individual nauplii and copepodites.

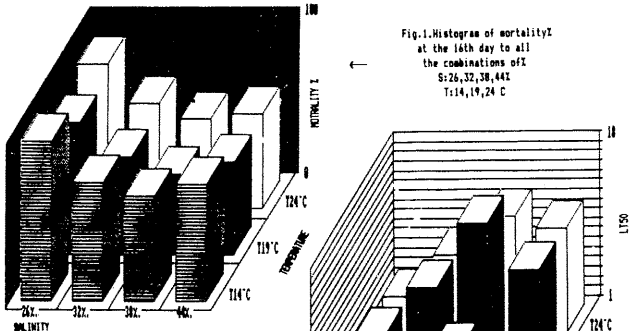


Fig. 1. Histogram of mortality at the 16th day to all the combinations of T and S: 26, 32, 38, 44‰; 14, 19, 24°C

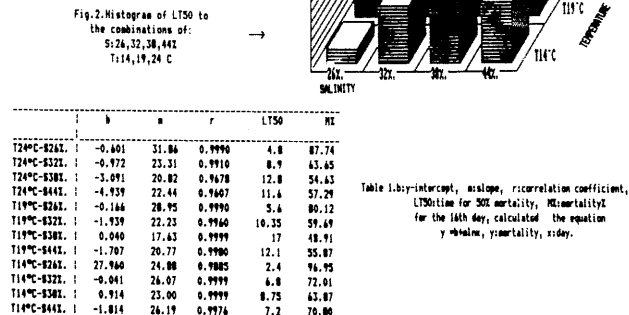


Fig. 2. Histogram of LT50 to the combinations of T and S: 26, 32, 38, 44‰; 14, 19, 24°C

T	S	b	m	r	LT50	ML
12°C	26‰	-0.601	31.86	0.9990	4.8	87.74
12°C	32‰	-0.972	23.31	0.9910	8.9	63.65
12°C	38‰	-3.091	20.82	0.9678	12.8	54.63
12°C	44‰	-4.839	22.44	0.9667	11.6	57.29
19°C	26‰	-0.184	28.95	0.9990	5.6	86.12
19°C	32‰	-1.939	22.23	0.9960	10.35	59.69
19°C	38‰	0.040	17.43	0.9999	17	48.91
19°C	44‰	-1.707	20.77	0.9900	12.1	55.87
24°C	26‰	27.960	24.88	0.9885	2.4	96.95
24°C	32‰	-0.041	26.07	0.9999	6.8	72.01
24°C	38‰	0.914	23.00	0.9999	8.75	63.87
24°C	44‰	-1.814	26.19	0.9976	7.2	70.80

Table 1. b, y-intercept; m, slope; r, correlation coefficient; LT50, time for 50% mortality; ML, mortality for the 16th day, calculated the equation y = b + mx, y, mortality; x, day.

T	S	ML	RES.	LT50	RES.
12°C	26‰	86.320	1.2295	4.442	0.3590
12°C	32‰	85.168	0.9818	10.157	-1.2473
12°C	38‰	54.152	0.4782	12.378	0.4323
12°C	44‰	59.471	-2.1805	11.163	0.4576
19°C	26‰	81.839	-1.7195	6.180	-0.3795
19°C	32‰	58.488	1.2818	11.995	-1.5448
19°C	38‰	49.472	-0.5618	14.115	2.9048
19°C	44‰	54.770	1.0798	12.841	-0.7805
24°C	26‰	96.600	0.3505	1.222	1.1990
24°C	32‰	73.248	-1.2382	6.937	-0.1373
24°C	38‰	64.232	-0.3618	9.126	-0.4077
24°C	44‰	69.351	1.2495	7.083	-0.6530

Table 2. Mortality, LT50 and their residuals calculated with the multiple regression analysis.

Statistical analysis of the daily observed mortality, caused by each experimental condition, indicated that the data followed a logarithmic curve, which can be expressed as  $y = b + m \cdot \ln(x)$ , y, mortality %; x, day. Table 1 shows the y-intercept (b), the slope (m), the correlation coefficient (r), the mortality % for the 16th day and the lethal time for 50% mortality (LT50), calculated for each combination of the tested factors, with the above linear equation.

At all salinities the mortality % decreased from 14°C to 19°C and increased from 19°C to 24°C. At all temperatures the mortality % decreased from 26‰ to 38‰, and increased from 38‰ to 44‰. (Fig. 1). Temperature had a substantial effect on the mortality, although the action of salinity was more limited. The values of LT50 were low in low salinities and temperatures, while the lowest value corresponding to the combination of 19°C 26‰, indicated a very rapid mortality of the nauplii (Fig. 2).

The correlation between the mortality % on the 16th day, or the LT50, and the tested values of the one examined factor (temperature or salinity) can be expressed by the quadratic equation  $y = a_0 + a_1x + a_2x^2$ . The trivariate data of the joint effects of temperature (y) and salinity (x) on the mortality or the LT50 (z) fitted to a multiple non linear regression are expressed by the following polynomial equations:  $1. z = 492.9135 - 15.0032x + 0.1912x^2 - 14.9786y + 0.3888y^2 - 0.023xy, z: ML, r = 0.9976$ ;  $2. z = 104.6185 + 3.5059x - 0.0484x^2 + 4.9615y - 0.1342y^2 + 0.0133xy, z: LT, r = 0.9592$  Table 2 shows the values of mortality % (for the 16th day), LT50, and their residuals, calculated with the above equations, for each examined combination.

The present study was supported financially by the Ministry of Agriculture (Department of Fishery).

Les Copépodes des îles Baléares en rapport avec les masses d'eau

F. VIVES\* et J.L. LOPEZ-JURADO\*\*

\* Instituto de estudios Avanzados de las Islas Baleares. Palma de Mallorca  
\*\* Centro Oceanográfico de Baleares. Palma de Mallorca

On présente les résultats de l'étude des populations de copépodes prélevés dans des pêches verticales effectuées par paliers entre 0-50, 50-200 et 200-500 m., et de l'identification des masses d'eau présentes dans la mer des Baléares jusqu'à 1000 m. de profondeur.

Ces études ont été réalisées pendant les périodes d'homothermie (mars), de formation de la thermocline (mai) et de stratification des eaux (septembre).

COPEPODES

La distribution verticale du nombre des copépodes (ind./m<sup>3</sup>) montre que plus de 95 % de la population se trouve au-dessus de 200 m. D'après les chiffres obtenus on constate que cette population est relativement pauvre, présentant des densités plus hautes pendant la période d'homothermie que durant la stratification des eaux. Les basses valeurs observées en surface en mars s'expliquent par une plus grande compétition alimentaire en présence des grandes populations d'animaux gélatineux (Siphonophores, Méduses et Salpes).

Au total on a déterminé 116 espèces dont 16-18 (selon l'époque de l'année), représentent à peu près les 90 % de la population totale, tandis qu'une centaine atteignent difficilement les 10 % restants. Dans le premier groupe on y trouve les espèces pérennes, communes dans toute la Méditerranée. Dans le second il y a les espèces les plus intéressantes du point de vue hydrologique. Cet ensemble renferme le groupe qui réalise une forte migration verticale (tableau I) et un autre qui effectue seulement de petits déplacements.

HYDROGRAPHIE ET COPEPODES

Quelques auteurs dont BANGE, (1964), ont indiqué que les populations planctoniques sont liées aux masses d'eau où elles habitent et que la dynamique de ces masses peut expliquer généralement leur distribution.

En utilisant les valeurs de salinité et de température nous avons identifié les masses d'eau qui se trouvent dans la mer des Baléares. On peut dire que la mer qui entoure notre Archipel est occupée, dans les niveaux superficiels (0-50 m.) par un mélange d'eaux dont la salinité à l'exception de la partie nord, n'atteint pas 38 ‰ et dépend d'une plus ou moins grande influence de l'eau atlantique qui se manifeste au maximum pendant le mois de septembre.

Entre 50-200 m., nous trouvons les eaux septentrionales, spécialement dans les stations du versant nord, l'aire d'Ibiza et le canal de Mallorca. Avec des valeurs

TABLEAU I. - Valeurs moyennes du nombre de Copépodes/m<sup>3</sup> fréquemment à la surface pendant la nuit.

Prof.	Mars	mai	Septembre
0-50	391	60.3	253
50-200	235	36.2	125
200-500	22	3.4	19

Calanus gracilis	Pontellina plumata
Scoteseichthrella dentata	Oncaea venusta
Euchirella sp. Jv.	Lucicutia flavicornis
Pleuronema gracilis	Victoria granulosa
Pleuronema abdominalis	Clytemnestra rostrata

de salinités au-dessous des normales, en mars (T = 13°C, S = 38,1 ‰) comme conséquence du mélange avec des eaux plus denses mais moins salées, de formation régionale, ou bien à la suite d'influences continentales (canal d'Ibiza) et, avec des valeurs très caractéristiques en mai (T=13°C, S = 38,2 ‰) moment où son épaisseur est plus grande. Finalement, pendant l'été océanographique (septembre), ces eaux montrent un processus de mélange avec les eaux orientales qui se trouvent au-dessous.

TABLEAU III. - Espèces très fréquentes dans les masses d'eaux observées dans la mer des Baléares. (Les valeurs entre parenthèses indiquent le pourcentage de l'espèce. trouvée dans chaque niveau considéré).

MARS	MAI	SEPTEMBRE
0-50 m.		
Ischnocalanus plumulosus (100)	Ischnocalanus plumulosus (100)	Ischnocalanus plumulosus (83)
Calocalanus styliremis (91)	Calocalanus styliremis (94)	Calocalanus styliremis (94)
Calocalanus pavo (89)	Calocalanus pavo (84)	Calocalanus pavo (88)
Claucoalanus furcatus (71)	Claucoalanus furcatus (78)	Claucoalanus furcatus (98)
Diaxia pygmaea (85)	---	---
Centropages violaceus (100)	---	Centropages violaceus (100)
Candacia simplex (100)	---	Candacia simplex (100)
---	---	Acartia danae (95)
---	---	Copilia mediterranea (100)
Farranula rostrata* (94)	Farranula rostrata (82)	Farranula rostrata (84)
50-200 m.		
Claucoalanus pargens (7)	Claucoalanus pargens (59)	Claucoalanus pargens (62)
Aetideus armatus (88)	Aetideus armatus (97)	Aetideus armatus (75)
Ruaetideus giesbrechti (69)	---	Ruaetideus giesbrechti (100)
---	---	Pleuronema borealis (100)
---	---	Pleuronema robusta (100)
Sapphirina salii (100)	---	Sapphirina salii (100)
---	Corycaeus furcifer (65)	Corycaeus furcifer (62)
200-500 m.		
Chiridius poppei (100)	Chiridius poppei (100)	Chiridius poppei (70)
---	Scoteseichthrella abyssalis (100)	Scoteseichthrella abyssalis (100)
Spinocalanus abyssalis (79)	Spinocalanus abyssalis (100)	Spinocalanus abyssalis (96)
Pachos sp. (100)	---	---
---	Oncaea dentipes (100)	Oncaea dentipes (100)
Mormonilla minor (100)	Mormonilla minor (67)	Mormonilla minor (66)

Entre 200 et 600 m. on y trouve l'eau orientale qui entoure les îles d'une façon très évidente (T = 13,2°C, et S = 38,5 ‰) pendant le mois de mars, spécialement dans la partie septentrionale de l'Archipel, canal d'Ibiza et de Mallorca. Dans cette période on observe que cette masse d'eau a une grande puissance. D'autre part en mai, malgré sa claire identité, son épaisseur semble être, dans certains endroits, comprise entre l'eau septentrionale plus puissante à ce moment, et l'eau profonde. Leur présence devient moins claire en septembre par suite du mélange en profondeur avec les eaux adjacentes. De plus on observe que la température la plus élevée, est inférieure à 13,1°C, ce qui semble indiquer que ce mélange affecte toute l'épaisseur de la nappe d'eau. Sur les stations méridionales, dans lesquelles l'eau septentrionale se manifeste avec moins de puissance, l'eau orientale se trouve à des niveaux moins profonds.

Au-dessous de ces eaux, près du niveau de 600 m, nous trouvons les eaux profondes, pratiquement pendant toute l'année, et en été seulement ses limites s'estompent par des processus de mélange qu'on a déjà indiqués.

En relation avec les pêches verticales, effectuées pratiquement dans les masses d'eau identifiées, nous trouvons un ensemble d'espèces qui sans être typiquement indicatrices, caractérisent les populations de copépodes qui y habitent. De la comparaison de ces groupes on déduit que pendant la campagne de septembre, avec une grande importance des eaux atlantiques, nous trouvons une plus grande diversité spécifique. Calocalanus pavo, Centropages violaceus et Acartia danae avec les autres espèces citées dans le tableau III, se trouvent bien représentées dans la masse d'eau atlantique.

Les eaux septentrionales qui se manifestent clairement entre 50-200 m., présentent de notables affinités spécifiques dans les trois campagnes effectuées. Et en ce qui concerne le reste, la strate de 200-500 m., étant donnés les mélanges observés, nous pouvons citer seulement Chiridius poppei, Spinocalanus abyssalis (sensu lato) et Mormonilla minor, comme espèces les plus typiques des populations qui habitent les eaux orientales.